



PCT/FR 03 / 0 1 2 2 2

B R E V E T D ' I N V E N T I O N

REC'D 14 JUL 2003

WIPO PCT

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 22 AVR. 2003

Pour le Directeur général de l'Institut
national de la propriété industrielle
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS
CONFORMÉMENT À LA
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT
NATIONAL DE
LA PROPRIÉTÉ
INDUSTRIELLE

SIÈGE
26 bis, rue de Saint Petersburg
75800 PARIS cedex 08
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23
www.inpi.fr



26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08
Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 94 86 54

BREVET D'INVENTION CERTIFICAT D'UTILITÉ

Code de la propriété intellectuelle - Livre VI



REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 1/2

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 540 W / 260899

REMISE DES PIÈCES DATE 25 AVRIL 2002 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0205227 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI 25 AVR. 2002		1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE CABINET WEINSTEIN 56A rue du Faubourg Saint-Honoré 75008 PARIS	
Vos références pour ce dossier (facultatif) 51276			
Confirmation d'un dépôt par télécopie <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
2 NATURE DE LA DEMANDE		Cochez l'une des 4 cases suivantes	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
Demande de brevet initiale		N°	Date
ou demande de certificat d'utilité initiale		N°	Date
Transformation d'une demande de brevet européen		<input type="checkbox"/>	Date
Demande de brevet initiale		N°	Date
3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) Procédé pour générer un plasma froid destiné à la stérilisation de milieu gazeux et dispositif pour mettre en oeuvre ce procédé.			
4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE		Pays ou organisation Date / / N° Pays ou organisation Date / / N° Pays ou organisation Date / / N° <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
5 DEMANDEUR		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		RASAR HOLDING N.V.	
Prénoms			
Forme juridique		Société	
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	Willemstad	
	Code postal et ville	CURACAO	
Pays		ANTILLES NEERLANDAISE	
Nationalité		Antilles Néerlandaise	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

**BREVET D'INVENTION
CERTIFICAT D'UTILITÉ**

REQUÊTE EN DÉLIVRANCE 2/2

REMISE DES PIÈCES DATE 25 AVRIL 2002 LIEU 75 INPI PARIS N° D'ENREGISTREMENT 0205227 NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI		DB 540 W / 260899	
Vos références pour ce dossier : (facultatif)			51276		
<input checked="" type="checkbox"/> MANDATAIRE					
Nom			THINAT		
Prénom			Michel		
Cabinet ou Société			CABINET WEINSTEIN		
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel					
Adresse	Rue	56A rue du Faubourg Saint-Honoré			
	Code postal et ville	75008	PARIS		
N° de téléphone (facultatif)					
N° de télécopie (facultatif)					
Adresse électronique (facultatif)					
<input checked="" type="checkbox"/> INVENTEUR (S)					
Les inventeurs sont les demandeurs			<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée		
<input checked="" type="checkbox"/> RAPPORT DE RECHERCHE			Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)		
Établissement immédiat ou établissement différé			<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>		
Paiement échelonné de la redevance			Paiement en deux versements, uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non		
<input checked="" type="checkbox"/> RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES			Uniquement pour les personnes physiques <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention (joindre un avis de non-imposition) <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt (joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) :		
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suíte», indiquez le nombre de pages jointes					
<input checked="" type="checkbox"/> SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Paris le 25 Avril 2002 Michel THINAT N° 92-1038			CABINET WEINSTEIN Conseils en Propriété Industrielle 56 A, rue du Faubourg Saint-Honoré 75008 PARIS		VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI M ROCHET

L'invention concerne un procédé pour générer un plasma de type à résonance cyclotronique électronique (ECR) gyromagnétique multipolaire et destiné au traitement de milieu gazeux contenant des particules
5 contaminantes.

L'invention concerne également un dispositif pour générer un tel plasma.

Le terme de résonance cyclotronique électronique (ECR) décrit les phénomènes dans lesquels un électron,
10 dans un champ électrique uniforme, subit une accélération centripète sous l'effet d'un champ magnétique, le plan de l'orbite créé par cette accélération centripète étant sensiblement perpendiculaire au vecteur représentant le champ électrique. Si la vitesse de l'électron a une
15 composante directionnelle sensiblement parallèle au vecteur représentant le champ magnétique, la trajectoire de l'électron sera hélicoïdale dans la direction du vecteur représentant le champ magnétique. Il est connu de l'art antérieur qu'un électron passant à travers un champ
20 magnétique et un champ électrique alterné avec le vecteur du champ électrique perpendiculaire au vecteur du champ magnétique et avec la fréquence du champ électrique égale à la fréquence du système ECR, aura son énergie cinétique accrue au cours de sa trajectoire orbitale ou
25 hélicoïdale. Généralement, ces procédés et dispositifs de l'art antérieur décrivant ces phénomènes se rapportent à des systèmes ECR unipolaires ou bipolaires (brevets US N° 5 653 811, US N° 5 841 237).

Le terme de gyromagnétisme décrit un champ
30 magnétique dans un volume défini de l'espace, dans lequel le vecteur représentant la valeur du champ magnétique et sa direction, tourne périodiquement. Un exemple de champ gyromagnétique est un champ résultant de l'addition d'un premier champ magnétique non-variant et d'un second champ
35 magnétique variant, où le vecteur représentant le second champ magnétique varie périodiquement entre deux directions non parallèles à la direction du vecteur

représentant le premier champ magnétique non-variant. Le gyromagnétisme est connu de l'art antérieur, en particulier dans les domaines de la conception magnétique de résonance et des communications où les principes du
5 gyromagnétisme sont utilisés dans les antennes micro-ondes.

Le présente invention a pour but de réaliser un système ECR multipolaire dans lequel le champ magnétique créé est gyromagnétique et dans lequel les électrons
10 libres sont produits par un plasma froid, ce plasma induisant l'ionisation du milieu gazeux et un accroissement considérable de réactivité dans ce milieu gazeux. L'invention réside également dans l'application de ce système au traitement de milieu gazeux contenant
15 des particules contaminantes.

A cet effet, le procédé pour générer, dans le milieu gazeux, un plasma de type à résonance cyclotronique électronique (ECR) gyromagnétique multipolaire comprend les étapes suivantes :

- 20 (a) la création, dans une enceinte de confinement, d'un champ magnétique stationnaire B avec un haut degré d'uniformité, le vecteur représentant le champ magnétique stationnaire B se trouvant suivant un axe longitudinal X-X' traversant l'enceinte de confinement, la valeur de ce
25 champ magnétique stationnaire B étant variable,
- (b) la création du plasma dans l'enceinte de confinement 1, en présence du champ magnétique stationnaire B, par l'émission dans le milieu gazeux d'un signal électromagnétique EM1, EM2 cette émission étant obtenue
30 par l'application d'au moins une tension alternative dont la fréquence et l'amplitude sont variables,
- (c) la création d'au moins un premier champ électrique variable E1 dans le plasma par l'application d'au moins une tension alternative, cette tension alternative ayant
35 une amplitude et une fréquence variables et le vecteur représentant le premier champ électrique E1 se trouvant suivant un axe perpendiculaire à l'axe longitudinal X-X',

(d) la création d'au moins un second champ électrique E2 dans le plasma par l'application d'au moins une tension alternative, l'amplitude et la fréquence de cette tension alternative étant approximativement égale à l'amplitude et à la fréquence de la tension alternative générant le champ électrique E1 et le vecteur représentant le second champ électrique E2 se trouvant sur un axe non parallèle à l'axe sur lequel se trouve le vecteur du premier champ électrique E1,

(e) l'application de signaux électriques permettant de contrôler la valeur du champ magnétique stationnaire B, la fréquence et l'amplitude des tensions alternatives générant les champs électriques E1, E2 et les champs électromagnétiques EM1, EM2, l'application de ces signaux électriques permettant de créer (i) une résonance cyclotronique électronique (ECR) dans laquelle l'axe de l'orbite d'accélération centripète des électrons et des autres particules chargées est parallèle à l'axe longitudinal X-X' (ii) des résonances cyclotroniques électroniques (ECR) dans lesquelles les axes des orbites d'accélération centripète des électrons et des autres particules chargées oscillent de manière gyromagnétique.

De plus, le plasma généré par le procédé est un plasma froid.

Selon l'invention, le champ magnétique stationnaire (B) avec un haut degré d'uniformité généré par le procédé comprend :

(a) un premier champ magnétique uniforme B1 dont les lignes de champ passent à travers une première courbe fermée se trouvant dans un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal X-X' et centrée sur cet axe,

(b) un second champ magnétique uniforme B2 dont les lignes de champ passent à travers une seconde courbe fermée située dans le même plan que le plan contenant la première courbe fermée, la seconde courbe fermée se trouvant à l'intérieur de la première courbe fermée.

En outre, l'arc de l'angle formé par le vecteur représentant le premier champ électrique E1 créé par l'application de la tension alternative et par chaque vecteur représentant le ou les second champs électriques E2 créés par l'application de la tension alternative est compris entre 60 et 120°.

De préférence, les amplitudes et les fréquences des tensions alternatives générant les champs électriques E1, E2 et les signaux électromagnétiques EM1, EM2 sont approximativement égales.

Le procédé de l'invention s'applique à la décontamination de l'air ambiant ainsi que de tout autre milieu gazeux en détruisant et/ou en transformant les atomes et molécules constituant les contaminants présents dans l'air ambiant ou dans le milieu gazeux, par l'énergie électromagnétique et électromécanique du plasma.

Les contaminants présent dans le milieu gazeux sont constitués par l'une des espèces suivantes ou une combinaison de celles-ci : des aérosols microbiens comprenant des micro-organismes pathogènes tels que des bactéries, des spores, des particules virales et retrovirales, des agents protéiques pathogènes tels que les prions ; des composés organiques volatiles et aromatiques, des chlorofluorocarbones, différents éléments oxydables et oxydants tels que l'oxygène, l'azote et le soufre ; l'ozone ; ainsi que des fibres et particules provenant de poussières et de fumées.

De plus, l'air ou tout autre milieu gazeux contaminé peut être échantillonné manuellement ou automatiquement pour déterminer la présence et la quantité par unité volumique des différents contaminants, avant de l'introduction du flux gazeux dans l'enceinte de confinement précité.

En outre, les informations ou données concernant la présence ou la quantité par unité volumique de

contaminants dans l'air ambiant ou dans le milieu gazeux sont utilisées pour contrôler les signaux électriques.

Le dispositif formant générateur à plasma de type à résonance cyclotronique électronique (ECR) gyromagnétique
5 multipolaire comprend :

(a) une enceinte de confinement 1 d'un milieu gazeux comprenant au moins une chambre de traitement 40 qui comprend à son extrémité amont une première plaque transversale perforée 2a en un matériau électriquement
10 conducteur, une première paroi perforée 3a en un matériau électriquement isolant et opaque aux signaux électromagnétiques fixée la face amont de la première plaque perforée 2a, une deuxième plaque transversale perforée 2b en un matériau électriquement conducteur
15 fixée à la face amont de la première paroi perforée 3, une deuxième paroi transversale perforée 3b en un matériau électriquement isolant et opaque aux signaux électromagnétiques fixée à la face amont de la deuxième plaque perforée 2b et une troisième paroi transversale
20 perforée 32 parallèle à la première plaque perforée 2a et axialement espacée de celle-ci pour délimiter l'enceinte de confinement, la troisième paroi perforée en un matériau électriquement isolant et opaque aux signaux électromagnétiques, et située à l'extrémité aval de la
25 chambre de traitement 40 pour permettre la sortie du flux gazeux à travers la troisième paroi perforée,

(b) un moyen 4 pour générer un premier champ magnétique uniforme B1, le vecteur représentant ce premier champ magnétique B1 étant parallèle à l'axe longitudinal X-X'
30 de la chambre de traitement 40, cet axe longitudinal X-X' passant par le centre de la première plaque perforée 2 et de la troisième paroi perforée 32,

(c) un moyen 5 pour générer, dans la chambre de traitement 40, un deuxième champ magnétique uniforme B2
35 dans le premier champ magnétique uniforme B1, le vecteur représentant le deuxième champ magnétique B2 étant

parallèle et ayant la même direction que le vecteur représentant le premier champ magnétique uniforme B1,

(d) un moyen 6,7 pour émettre un signal électromagnétique EM1 dans le milieu gazeux de la chambre de traitement 40 pour produire des électrons libres dans ce milieu gazeux, par l'application à ce moyen 6,7 d'au moins une tension alternative V6 ; V7,

(e) un moyen 9,10 pour générer un premier champ électrique uniforme E1 dans le plasma, par l'application à ce moyen 9,10 d'au moins une tension alternative V6 ; V7 dont l'amplitude et la fréquence peuvent être variables et l'axe sur lequel se trouve le vecteur représentant le premier champ électrique uniforme E1 est perpendiculaire à l'axe longitudinal X-X' de la chambre de traitement 40,

(f) un moyen 12,13 pour générer un ou plusieurs second champs électriques E2 dans le plasma, par l'application à ce moyen 12,13 d'une première tension alternative V6 et l'axe sur lequel se trouve le vecteur représentant chaque deuxième champ électrique E2 n'est pas parallèle à l'axe sur lequel se trouve le vecteur représentant le premier champ électrique uniforme E1,

(g) un système alimentation 14 contrôlant la valeur des premier et deuxième champ magnétique uniforme B1,B2, la fréquence et l'amplitude des tensions alternatives V6 ; V7 et de la première tension alternative V6, ce système d'alimentation (14) permettant de générer (i) une résonance cyclotronique électronique (ECR) dans lequel l'axe de l'orbite d'accélération centripète des électrons et des particules chargées est parallèle à l'axe X-X' de la chambre de traitement 40 (ii) des résonances cyclotroniques électroniques (ECR) dans lesquels les axes des orbites d'accélération centripète des électrons et des particules chargées oscillent de manière gyromagnétique.

Selon l'invention, le moyen 9,10 pour générer le premier champ électrique uniforme E1 comprend :

(a) un premier cylindre 9 coaxial à l'axe longitudinal X-X', réalisé en un matériau électriquement conducteur, délimitant le volume de la chambre de traitement 40, l'extrémité amont de ce premier cylindre 9 est fixée à la première plaque perforée 2a et l'extrémité aval du premier cylindre 9 est fixée à la troisième paroi perforée 32, ce premier cylindre 9 étant alimenté par la première tension alternative V6,

(b) un second cylindre 10 réalisé en un matériau électriquement conducteur, dont l'axe longitudinal est colinéaire à l'axe longitudinal X-X', disposé concentriquement à l'intérieur du premier cylindre 9, l'extrémité amont du second cylindre 10 est fixée à la deuxième plaque perforée 2b, son extrémité aval est une extrémité libre comportant des dents 33, et le second cylindre 10 comporte une pluralité de perçages circonférentiels 17 ; 18a ; 18b à travers lesquels le gaz ionisé par le plasma circule, ce second cylindre 10 étant alimenté par la deuxième tension alternative V7, la première tension alternative V6 et la deuxième tension alternative V7 ayant la même amplitude et la même fréquence mais étant en opposition de phase, le système d'alimentation des premier et second cylindres 9 ; 10 induisant un couplage capacitif.

De plus, les perçages circonférentiels 17 ; 18a ; 18b du second cylindre 10 sont constitués par au moins trois séries circonférentielles de perforations circulaires 18a ; 18b à partir de l'extrémité libre aval de ce second cylindre 10, et par une série circonférentielle de perforations rectangulaires 17 s'étendant longitudinalement selon l'axe X-X' et disposées approximativement vers l'extrémité amont du second cylindre 10.

Selon le dispositif de l'invention, le moyen 4 pour générer le premier champ magnétique uniforme B1 est constitué par un ensemble formant solénoïde 4 entourant le premier cylindre 9 et le moyen 5 pour générer le

second champ magnétique uniforme B2 est constitué par un second solénoïde 5 disposé à l'intérieur du second cylindre 10, les premier 4 et deuxième 5 solénoïdes étant alimenté par un courant I1 et ces premier et second champ magnétiques B1,B2 induisant un couplage selfique dans la chambre de traitement 40.

De préférence, le moyen 6,7 pour émettre des signaux électromagnétiques dans la chambre de traitement 40 comprend :

(a) une tige centrale 6 en un matériau électriquement conducteur s'étendant longitudinalement dans la chambre de traitement 40 et présentant un extrémité conique, cette tige centrale 6 est fixée sur la première plaque 2a, perpendiculairement et approximativement en son centre, et elle est entourée par le second solénoïde 5 sur au moins une partie de sa longueur, cette tige centrale 6 étant alimentée par la première tension alternative V6 ;

(b) une pluralité de tiges périphériques 7 en un matériau électriquement conducteur, s'étendant longitudinalement dans la chambre de traitement 40, présentant une extrémité conique, ces tiges périphériques 7 sont fixées à la deuxième plaque perforée 2b perpendiculairement à celle-ci, et sont disposées concentriquement sur un cercle de rayon compris entre le rayon du premier cylindre 9 et le rayon du second cylindre 10, ces tiges périphériques 7 étant alimentées par la deuxième tension alternative V7.

De plus, le moyen 12,13 pour générer le second champ électrique E2 par l'application d'une troisième tension alternative V3 comprend :

(a) une pluralité de grandes cloisons radiales 12 réalisées en un matériau électriquement conducteur, s'étendant longitudinalement dans la chambre de traitement 40 de façon que leurs bords libres longitudinaux soient parallèles à l'axe X-X', ces grandes cloisons radiales 12 sont fixées, sur leur partie

longitudinale, à la surface interne du premier cylindre 9 et elles sont fixées sur leur partie transversale amont à la première plaque perforée 2a, la largeur transversale de ces grandes cloisons 12 est inférieure à la distance
5 entre le premier cylindre 9 et le second cylindre 10, la première tension alternative V6 étant appliquée aux grandes cloisons 12 diamétralement opposées ;

(b) une pluralité de petites cloisons radiales 13 réalisées en un matériau électriquement conducteur,
10 s'étendant longitudinalement dans la chambre de traitement 40 de façon à ce que leurs bords libres longitudinaux soient parallèles à l'axe X-X', ces petites cloisons radiales 13 sont fixées, sur leur partie longitudinal, à la surface interne du premier cylindre 9
15 et elles sont fixées sur leur partie transversale amont à la première plaque perforée 2a, la largeur de ces petites cloisons 13 est inférieure à la largeur des grandes cloisons 12, les petites cloisons sont diamétralement opposées et elles comportent au moins trois séries de
20 perforations circulaires 132 à partir de leur bord libre aval transversal, et la première tension alternative V6 est appliquée aux petites cloisons 13.

Préférentiellement, le système d'alimentation 14 comprend :

- 25 (a) un moyen d'alimentation électrique 23 de ce système d'alimentation 14 délivrant une tension alternative V4,
(b) un moyen 35 pour transformer la tension alternative V4 de la source d'entrée 23 en une tension alternative intermédiaire V5,
30 (c) un moyen 36 pour faire varier la fréquence de la tension alternative intermédiaire V5, et
(d) un moyen 28 pour transformer cette tension alternative intermédiaire V5 en les première V6 et deuxième V7 tensions alternatives de sortie, et en le
35 courant de sortie I1.

Selon l'invention, le moyen d'alimentation électrique 23 est une source d'entrée du secteur qui

fournit une tension V4 du secteur d'environ 220 V à une fréquence d'approximativement 50 Hertz.

De plus, la valeur de la tension alternative intermédiaire V5 est comprise entre approximativement 10
5 et 50 Volts.

La valeur de la tension alternative intermédiaire V5 peut prendre les valeurs approximatives de 10, 24 ou 50 Volts.

En outre, la valeur des première et deuxième
10 tensions alternatives V6 ; V7 est comprise entre 1 et 30 kilovolts à une fréquence comprise entre 5 Hertz et 10 kiloHertz pour une puissance comprise entre 1 et 300 Watts.

Le moyen 28 pour transformer la tension alternative
15 intermédiaire V5 en les première et deuxième tension alternative V6 ; V7 est un transformateur 28 dont l'impédance s'adapte automatiquement et sans perte de puissance à l'impédance variante du dispositif.

De préférence, le coeur du transformateur 28 est à
20 base de ferrite et de terre rare et la valeur du courant (I1) est comprise entre 1 microAmpère et 0,1 Ampères.

Avantageusement, la valeur des première et deuxième tensions alternatives V6 ; V7 est d'environ 15 kiloVolts pour une puissance délivrée d'approximativement 100
25 Watts.

Aussi, la valeur de la tension alternative de sortie V6;V7 peut être d'environ 5 kilovolts pour une puissance délivrée d'approximativement 30 Watts

Selon l'invention, l'enceinte de confinement 1 peut
30 comprendre une deuxième chambre de traitement 41 dans le prolongement de la première chambre de traitement 40 dans laquelle le premier cylindre 9 est prolongé par une première coupelle tronconique 42 en un matériau électriquement conducteur, convergeant vers la troisième
35 paroi perforée 32 qui sépare les deux chambres de traitement 40,41 ; la paroi perforée 32 est prise en sandwich entre une troisième plaque transversale perforée

43 en un matériau électriquement conducteur solidaire de la première coupelle 42 et une quatrième plaque transversale perforée 44 en un matériau électriquement conducteur ; la deuxième chambre de traitement 41 est
5 constituée d'une deuxième coupelle tronconique 47 solidaire de la quatrième plaque 44, convergeant vers la chambre amont et solidaire par son extrémité aval d'un troisième cylindre 48 en un matériau électriquement conducteur, solidaire, par son extrémité aval, d'une
10 cinquième plaque transversale perforée 50 en un matériau électriquement conducteur ; une quatrième paroi perforée 51 en un matériau électriquement isolant est fixée à la face aval de la cinquième plaque 50 ; une sixième plaque transversale perforée 59 en un matériau électriquement
15 conducteur est fixée à la face aval de la quatrième paroi 51 ; et une cinquième paroi transversale perforée 60 en un matériau électriquement isolant est fixée à la face aval de la sixième plaque 59 ; et la deuxième chambre de traitement 41 comprend en outre un quatrième cylindre 52
20 en un matériau électriquement conducteur fixé à la sixième plaque perforée 59 et comportant une série d'au moins trois rangées transversales de perçages circonférentielles 53 au niveau de son extrémité libre amont ainsi que des dents 54 s'étendant axialement à
25 partir de son extrémité libre ; et un cinquième cylindre 55 de diamètre inférieur au diamètre du cylindre 52 et de longueur supérieure à la longueur du cylindre 52, le cinquième cylindre 55 étant fixé à la cinquième plaque 50 et comportant une série d'au moins trois rangées
30 transversales de perçages circonférentielles 56 au niveau de son extrémité libre amont ainsi que des dents 57 s'étendant axialement à partir de son extrémité libre et le dispositif comprend également une tige 45 à extrémité libre conique en un matériau électriquement conducteur
35 fixée à la plaque 44 et faisant saillie dans la chambre amont 40 en traversant la paroi 32 et la plaque 43 de façon électriquement isolée ; des pointes 49 en un

matériau électriquement conducteur disposées concentriquement sur la quatrième plaque 44 et faisant saillies dans la chambre aval 41 ; et l'ensemble formant solénoïde 4 constitué par trois solénoïdes 4a,4b,4c
 5 accolés et disposés coaxialement autour des chambres amont et aval 40,41, le nombre d'enroulements du deuxième solénoïde 4b étant supérieur au nombre d'enroulements des premier et troisième solénoïdes 4a,4c.

Dans ce dispositif, la première tension alternative
 10 V6 est appliquée à la plaque 2a et à la plaque 59 et que la deuxième tension alternative V7 est appliquée à la plaque 2b et à la plaque 50.

De plus, le milieu gazeux est constitué par un flux d'air ambiant ou de tout autre milieu gazeux à
 15 température ambiante et pression atmosphérique et ce milieu gazeux est chargé en une combinaison quelconque de particules inertes, de particules organiques non biologiques, de particules inorganiques contaminantes, de particules biologiques telles que les bactéries, les
 20 spores bactériennes, les champignons, les spores de champignons et/ou les virus, et dans lequel ces particules sont détruites ou transformées durant leur passage dans la chambre de traitement 40 avant de sortir de la chambre de traitement 40 à travers la troisième
 25 paroi perforée 32.

En outre, le dispositif de l'invention comprend au moins un appareil manuel ou automatique d'échantillonnage, cet appareil d'échantillonnage permettant de fournir des informations relatives à la
 30 présence des divers types de contaminants, ces informations étant transmises manuellement ou automatiquement à un appareil de contrôle couplé au système d'alimentation 14, cet appareil de contrôle permettant de moduler la tension alternative V6 ; V7
 35 ainsi que le courant I1 selon le niveau de contamination à l'entrée du dispositif

L'invention sera mieux comprise et d'autres buts, avantages et caractéristiques de celle-ci apparaîtront plus clairement à la lecture de la description qui suit et qui est faite au regard des dessins annexés qui
5 représentent des exemples non limitatifs de réalisation de l'invention et sur lesquels :

- la figure 1 est un schéma représentant le concept général de l'invention ;

- la figure 2 représente une vue en coupe
10 longitudinale du dispositif formant générateur à plasma selon un premier mode de réalisation de l'invention ;

- la figure 3 est une vue en coupe selon l'axe III-III de la figure 2 ;

- la figure 4 est une vue en coupe selon l'axe III-III de la figure 2 sur laquelle est représentée la
15 distribution de charges selon un premier état électronique ;

- la figure 5 est une vue en coupe selon l'axe III-III de la figure 2 sur laquelle est représentée,
20 notamment, la distribution de charges selon un deuxième état électronique ;

- la figure 6 est une vue en coupe selon l'axe III-III de la figure 2 sur laquelle est représentée la
25 trajectoire gyromagnétique des électrons dans le dispositif de l'invention ;

- la figure 7 est une vue en coupe longitudinale d'une partie du dispositif de l'invention sur laquelle est représentée la trajectoire gyromagnétique des
électrons ;

- la figure 8 représente les phénomènes
30 d'avalanches électroniques dans une partie du dispositif de l'invention ;

- la figure 9 représente la trajectoire
gyromagnétique des électrons dans une partie du
35 dispositif de l'invention ;

- la figure 10 représente les courbes d'alimentation électrique sous haute tension avec les

modulations essentielles de fréquences utilisées pour alimenter électriquement le dispositif de l'invention ;

- la figure 11 est une vue en coupe longitudinale du dispositif formant générateur à plasma selon un second
5 mode de réalisation de l'invention ;

- la figure 12 est une courbe représentant l'empêchement de contamination lors du passage du flux gazeux dans le dispositif de l'invention ; et

- la figure 13 est une courbe représentant les
10 profils de décontamination particulière lors du passage du flux gazeux dans le dispositif de l'invention.

Les systèmes ECR utilisés dans l'art antérieur mettent en jeu l'interaction entre un champ électrique variant et un champ magnétique statique. Le procédé selon
15 l'invention diffère des procédés classiques qui utilisent la résonance cyclotronique électronique puisque le concept général de l'invention associe plusieurs bases scientifiques comprenant, la génération du plasma sous champ électromagnétique haute fréquence, la génération du
20 plasma par couplages capacitifs et selfiques ainsi que la résonance magnétique impliquant une part active d'ondes multifréquences diversifiées permettant une agitation importante du plasma. Il résulte de l'association de ces bases scientifiques, la formation, entre autre, d'un
25 champ électromagnétique et d'un champ magnétique non stationnaire. Comme représenté sur la figure 1, un électron est soumis à un champ électromagnétique EM1 à proximité d'un champ magnétique variant, ce qui constitue le concept général de l'invention.

30 En se reportant aux figures 2 et 3, le dispositif de l'invention selon un premier mode de réalisation est constitué d'une enceinte de confinement 1. On définit, dans cette enceinte 1, un axe longitudinal X-X'. L'enceinte de confinement 1 comporte à son extrémité
35 amont une première plaque perforée 2a en un matériau électriquement conducteur, cette première plaque 2a comportant des perforations circulaires 2a1.

Une première paroi perforée 3a en un matériau électriquement isolant et opaque aux signaux électromagnétiques est fixée coaxialement à la face amont de la première plaque perforée 2a. Cette première paroi
5 perforée 3a comporte également des perforations circulaires 3a1.

Une deuxième plaque perforée 2b en un matériau électriquement conducteur est fixée coaxialement à la face amont de la première paroi perforée 3a. Cette
10 deuxième plaque perforée 2b comporte également des perforations circulaires 2b1.

Une deuxième paroi perforée 3b en un matériau électriquement isolant et opaque aux signaux électromagnétiques est fixée coaxialement à la face amont
15 de la deuxième plaque perforée 2b. Cette deuxième paroi 3b comporte des perforations circulaires 3b1.

De préférence, les perforations circulaires des première 2 et deuxième 2a plaques perforées et des première 3 et deuxième 3a parois perforées se
20 correspondent coaxialement afin d'assurer l'entrée du flux gazeux à traiter dans l'enceinte de confinement 1.

Le dispositif comprend également, à son extrémité aval, une troisième paroi perforée 32 en un matériau électriquement isolant et opaque aux signaux
25 électromagnétiques et axialement espacée de la première plaque perforée 2a. Cette troisième paroi comporte des perforations circulaires 32a permettant la sortie du flux gazeux de l'enceinte 1.

Selon l'invention, le dispositif comprend un
30 premier cylindre 9 en un matériau électriquement conducteur, de préférence métallique, qui délimite avec la paroi 32 et la plaque 2a le volume de l'enceinte de confinement 1. L'extrémité amont du premier cylindre 9 est fixée à la première plaque perforée 2a et son
35 extrémité aval est fixée à la troisième paroi 32 et l'axe longitudinal du premier cylindre 9 est confondu avec l'axe X-X'.

Un second cylindre 10, en un matériau électriquement conducteur, de préférence métallique, délimitant un volume interne inférieur au volume interne du premier cylindre 9, est disposé coaxialement à ce premier cylindre 9 dans l'enceinte de confinement 1. L'extrémité amont du deuxième cylindre 10 est fixée à la deuxième plaque perforée 2b, et de préférence, centrée sur cette dernière. Pour cela, le deuxième cylindre 10 traverse la première plaque perforée 2a et la première paroi perforée 3a de façon électriquement isolée. L'extrémité aval de ce deuxième cylindre 10 est une extrémité libre.

Préférentiellement, le diamètre du premier cylindre 9 est compris entre 10 et 50 cm et le diamètre du deuxième cylindre 10 est compris entre 30 et 50 % du diamètre du premier cylindre 9. La longueur, selon l'axe longitudinal X-X', du premier cylindre 9 est comprise entre 5 et 20 cm et la longueur, selon cet axe, du deuxième cylindre 10 est comprise entre 30 et 50 % de la longueur du premier cylindre 9.

Le deuxième cylindre 10 comporte à son extrémité libre aval des dents 33 s'étendant longitudinalement et présentant une longueur comprise entre 0,5 et 1,5 mm et un espacement entre chaque dent d'approximativement 0,8 mm. Ces dents 33 servent, notamment, d'émetteur d'énergie électromagnétique permettant la génération d'électrons libres lorsque le deuxième cylindre 10 est alimenté en haute tension alternative.

De plus, le deuxième cylindre 10 comporte, à partir de son extrémité libre aval et jusqu'à approximativement la moitié de sa longueur, au moins trois séries circonférentielles de perforations circulaires 18a et 18b axialement espacées. Préférentiellement, les séries de perforations circulaires 18a et 18b sont constituées par l'alternance d'une série circonférentielle de grandes perforations circulaires 18a d'un diamètre d'approximativement 2 mm et d'une série circonférentielle

de petites perforations circulaires 18b d'un diamètre d'approximativement 1 mm. De préférence, les grandes 18a et petites 18b perforations circulaires sont disposées en quinconce les unes par rapport aux autres.

5 De plus, le deuxième cylindre 10 comporte une série circonférentielle de perforations rectangulaires 17 situées vers l'extrémité amont du deuxième cylindre 10. Ces perforations rectangulaires 17 s'étendent longitudinalement, approximativement, à partir de
10 l'extrémité amont du deuxième cylindre 10 jusqu'à, approximativement, la moitié de la longueur du cylindre 10.

Les perforations rectangulaires 17 et circulaires 18a et 18b permettent, notamment, la circulation du
15 milieu gazeux ionisé par le plasma dans le deuxième cylindre 10 vers l'extérieur de ce cylindre.

Préférentiellement, le nombre de perforations rectangulaires 17 est de 8 et la longueur de ces perforations rectangulaires 17, selon l'axe X-X', est
20 comprise entre 10 et 30 % de la longueur du deuxième cylindre 10. De plus, l'arc le long de la circonférence du deuxième cylindre 10 formé par la largeur des perforations rectangulaires 17 est compris entre 3 et 5.

Le premier cylindre 9 est entouré par un ensemble
25 formant solénoïde 4 constitué par trois solénoïdes 4a, 4b, 4c accolés et disposés coaxialement par rapport à l'axe X-X'. Le nombre d'enroulements par unité de longueur selon X-X' des solénoïdes 4a et 4c est supérieur au nombre d'enroulements par unité de longueur selon X-X'
30 du solénoïde 4b. Ceci implique que la valeur des champs magnétiques B1a et B1c induits par l'application d'un courant aux solénoïdes 4a et 4c est supérieure à la valeur du champ magnétique B1b induit par l'application du même courant au solénoïde 4b. De plus, les champs
35 magnétiques B1a et B1c permettent le confinement du flux de particules chargées dans l'enceinte 1.

Le dispositif selon l'invention comprend également une pluralité de grandes cloisons radiales 12, diamétralement opposées et réalisées en un matériau électriquement conducteur, de préférence métallique. Ces grandes cloisons 12 s'étendent longitudinalement dans l'enceinte 1 de façon que leurs bords libres longitudinaux soient parallèles à l'axe X-X'. Ces grandes cloisons 12 sont fixées, sur leur partie longitudinale, à la surface interne du premier cylindre 9 et elles sont fixées, sur leur partie transversale amont, à la première plaque perforée 2a. La longueur des grandes cloisons radiales 12 est inférieure à la longueur du premier cylindre 9 et leur largeur est inférieure à la distance entre le premier cylindre 9 et le deuxième cylindre 10. Autrement dit, les cloisons radiales 12 entourent concentriquement le deuxième cylindre 10 sans le contacter.

Le dispositif selon l'invention comprend également une pluralité de petites cloisons radiales 13, diamétralement opposées et réalisées en un matériau électriquement conducteur, de préférence métallique. Ces petites cloisons 13 s'étendent longitudinalement dans l'enceinte 1 de façon que leurs bords libres longitudinaux soient parallèles à l'axe X-X'. Ces petites cloisons 13 sont fixées, sur leur partie longitudinale, à la surface interne du premier cylindre 9 et elles sont fixées, sur leur partie transversale amont à la première plaque perforée 2a. La longueur des petites cloisons 13 est égale à la longueur des grandes cloisons 12 tandis que leur largeur est inférieure à la largeur des grandes cloisons 12. Ces petites cloisons 13 comportent, à partir de leur extrémité libre transversale aval, au moins trois séries de perforations circulaires 132 disposées parallèlement à ce bord transversal.

Comme illustré sur la figure 3, une petite cloison 13 est disposée entre deux grandes cloisons 12 successives. Préférentiellement, le dispositif comporte

quatre grandes cloisons 12 et quatre petites cloisons 13. L'alternance d'une grande cloison 12 et d'une petite cloison 13 engendre la présence de cavités intercloisons 34.

5 Préférentiellement, la longueur des grandes cloisons 12 et des petites cloisons 13 est comprise entre 30 et 60 % de la longueur du premier cylindre 9, la largeur des grandes cloisons 12 est comprise entre 10 et 30 % du rayon du premier cylindre 9 et la largeur des
10 petites cloisons 13 est comprise entre 5 et 20 % du rayon du premier cylindre 9.

Le dispositif comprend également une pluralité de tiges périphériques 7 en un matériau électriquement conducteur, de préférence métallique, s'étendant
15 longitudinalement dans l'enceinte et comportant une extrémité conique. Ces tiges périphériques 7 sont fixées à la deuxième plaque perforée 2b en traversant la première plaque perforée 2a et la première paroi perforée 3a de façon électriquement isolée et elles sont disposées
20 concentriquement sur un cercle de rayon compris entre le rayon du premier cylindre 9 et le rayon du second cylindre 10. Comme illustré sur la figure 3, les tiges périphériques 7 sont, de préférence, disposées dans les espaces intercloisons 34 et le nombre de tiges
25 périphériques 7 est donc égal au nombre d'espaces intercloisons 34.

De plus, le dispositif comporte également une tige centrale 6 en un matériau électriquement conducteur, de préférence métallique, s'étendant longitudinalement dans
30 l'enceinte de confinement 1 et présentant une extrémité conique, cette tige centrale 6 étant fixée à la première plaque 2a, perpendiculairement à cette dernière et approximativement en son centre. De préférence, l'extrémité conique de la tige centrale 6 a une longueur
35 de 10 mm. La longueur de la tige centrale 6 est inférieure à la longueur du deuxième cylindre 10. La tige centrale 6 est entourée sur au moins une partie de sa

longueur par un second solénoïde 5, l'axe longitudinal du second solénoïde 5 étant colinéaire à l'axe X-X'.

Selon l'invention, les lignes de champ formées par le champ magnétique B1 passent à travers une première
5 courbe fermée se trouvant dans un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal X-X' et centrée sur cet axe et les lignes de champ du champ magnétique B2 passent à travers une seconde courbe fermée située dans le même plan que le plan contenant la première courbe fermée et la seconde
10 courbe fermée se trouve à l'intérieur de la première courbe fermée puisque le volume dans lequel est confiné le champ magnétique B1 est supérieur au volume dans lequel est confiné le champ magnétique B2, ceci résultant de la configuration géométrique de l'ensemble formant
15 solénoïde 4 et du solénoïde 5.

De préférence, l'angle formé par un premier segment allant de l'extrémité conique de la tige centrale 6 à n'importe quel premier point dans le premier cylindre 9 situé en aval par rapport à l'extrémité conique de la
20 tige centrale 6 et par un deuxième segment allant de l'extrémité conique de la tige centrale 6 à n'importe quel deuxième point dans le premier cylindre 9 situé en aval par rapport à l'extrémité conique de la tige centrale 6 et opposé au premier point est compris entre
25 approximativement 80 et 120°. La figure 2 représente l'angle maximum α que peuvent prendre les deux segments à partir de l'extrémité conique de la tige centrale 6 au bord aval du premier cylindre 9.

Le dispositif est alimenté électriquement par un
30 système d'alimentation 14.

Ce système d'alimentation 14 est lui-même alimenté électriquement par une source d'entrée 23 délivrant une tension alternative V4. Préférentiellement, cette source d'entrée 23 délivre une tension alternative V4 du secteur
35 d'environ 220 V à une fréquence d'approximativement 50 Hz.

Ce système d'alimentation 14 comprend un abaisseur de tension 35 permettant de réduire la tension alternative d'entrée V4 en une tension intermédiaire V5 et cette tension intermédiaire V5 peut prendre
5 préférentiellement les valeurs de 10, 24 ou 50 Volts pour une fréquence d'approximativement 50 Hertz.

Le système d'alimentation 14 comprend également un générateur de fréquence 36 constitué par un circuit RLC permettant une amplification électronique pour obtenir la
10 fréquence d'alimentation du dispositif de l'invention à partir de la fréquence de la tension alternative intermédiaire V5. Les fréquences générées par ce générateur de fréquence 36 sont comprises entre 50 Hertz et 10 kiloHertz pour une puissance comprise entre 1 et
15 300. Watts.

Enfin, le système d'alimentation 14 comprend un transformateur 28 permettant d'obtenir, à la fréquence générée par le générateur de fréquence 36, deux tensions alternatives de sortie V6 ; V7. Les valeurs des tensions
20 alternatives de sortie V6 ; V7 sont comprises entre 1 et 30 kV pour une fréquence comprise entre 50 Hertz et 10 kiloHertz.

A titre d'exemple, le système d'alimentation 14 peut générer deux tensions alternatives de sortie V6 et
25 V7 d'approximativement 15 kV pour une puissance d'approximativement 100 Watts ou deux tensions alternatives de sortie V6 et V7 d'approximativement 5 kV pour une puissance d'approximativement 30 Watts.

L'impédance variante du dispositif de l'invention
30 résulte des champs électromagnétiques variants et des distributions spatiales des particules chargées générées dans le dispositif. Le coeur du transformateur 28 est réalisé à base de ferrite et de terre rare, ainsi, l'impédance du transformateur 28 s'adapte automatiquement
35 et sans perte de puissance à l'impédance variante du dispositif de l'invention.

Le système d'alimentation 14 permet également de générer un courant alternatif I1 qui alimente, en série, l'ensemble formant solénoïde 4 et le deuxième solénoïde 5, la valeur du courant I1 étant comprise entre 1 microAmpère et 0,1 Ampère.

Le système d'alimentation 14 tel que décrit précédemment aura une impédance équivalente globale L comprenant les impédances des composants associés aux éléments du dispositif de l'invention ainsi que les champs électromagnétiques variants et les distributions spatiales des particules chargées générées dans le dispositif. Cette impédance équivalente donnera lieu à des oscillations harmoniques de résonance amortie pour la combinaison spécifique (i) du courant I1 qui alimente les solénoïdes 4a, 4b, 4c et 5, (ii) de l'amplitude maximum de la tension alternative appliquée, notamment, au premier cylindre 9, au deuxième cylindre 10, aux grandes cloisons 12, aux petites cloisons 13, et (iii) de la fréquence de la tension alternative qui alimente le premier cylindre 9, le deuxième cylindre 10, les grandes cloisons 12, les petites cloisons 13 ainsi que les tiges périphériques 7 et la tige centrale 6. Il est difficile et compliqué de calculer ces combinaisons spécifiques qui donnent lieu à des oscillations harmoniques de résonance amortie par des équations mathématiques ou des simulations informatiques. Ces combinaisons spécifiques qui donnent lieu à des oscillations harmoniques de résonance amortie où 'combinaisons de résonance' peuvent être déterminées expérimentalement.

Quand le diamètre du premier cylindre 9 est de 13 cm et que le courant délivré dans les solénoïdes 4a, 4b, 4c et 5 est de 0,1 Ampères, les combinaisons de résonance sont (i) 1 kV, 350 Hertz, (ii) 1,5 kV, 500 Hertz et (iii) 2 kV, 650 Hertz.

De préférence, les première V6 et deuxième V7 tensions alternatives de sortie ont des valeurs de

tensions et de fréquences identiques mais elles sont en opposition de phase.

Selon l'invention, la première tension alternative de sortie V6 alimente la première plaque perforée 2a. Par
5 conséquent, cette première tension alternative de sortie V6 alimente le premier cylindre 9, les grandes cloisons 12 et les petites cloisons 13 ainsi que la tige centrale 6.

La deuxième tension alternative de sortie V7
10 alimente la deuxième plaque perforée 2b. Par conséquent, cette deuxième tension alternative de sortie V7 alimente le deuxième cylindre 10 ainsi que les tiges périphériques 7.

L'application du courant I1 à l'ensemble formant
15 solénoïde 4 entraîne la formation du champ magnétique B1 dont le vecteur champ est colinéaire à l'axe X-X'. L'application du courant I1 dans le deuxième solénoïde 5 entourant la tige centrale 6 entraîne la formation d'un second champ magnétique B2 dont le vecteur champ est
20 également colinéaire à l'axe longitudinal X-X'. La résultante de ces champs magnétiques B1 et B2 est un champ magnétique B dont le vecteur champ est naturellement colinéaire à l'axe X-X'. Le couplage selfique est réalisé par la création d'un volume interne
25 et concentrique constitué par les solénoïdes 4a et 4c à fort flux externe et le solénoïde 4b plus faiblement dimensionné à la périphérie centrale. La présence du champ magnétique uniforme B situé dans les premier 9 et deuxième 10 cylindres et dans les espaces intercloisons
30 34 conduit, comme cela sera détaillé plus loin, à (i) une densité d'électrons libres et un flux ionique au niveau de la tige centrale 6 et des tiges périphériques 7 supérieurs à ceux résultant de techniques traditionnelles de décharge couronne, et (ii) un champ magnétique B
35 sensiblement uniforme permettant un grand volume plasmatique sous la fréquence de résonance du système ECR résultant en un couplage augmenté de l'énergie

électromagnétique provenant de l'énergie électrique d'entrée et de l'énergie électromécanique à travers le plasma. Ces attributs sont importants pour atteindre les objectifs de la présente invention.

5 De préférence, la valeur du champ magnétique B1 résultant de l'application du courant I1 dans le solénoïde 4, au niveau de l'axe longitudinal X-X' est comprise entre 10 et 100 milliteslas et l'impédance est comprise entre 50 et 100 Ohms. Les solénoïdes 4a et 4b
10 produisent, quand on leur applique un courant I1 d'approximativement 0,1 Ampère, un champ magnétique dont la valeur est approximativement de 200 milliteslas au voisinage du solénoïde 4b et de 10 milliteslas au voisinage de l'axe X-X'. Le solénoïde 4b produit, quand
15 on lui applique le courant I1 d'approximativement 0,1 Ampère, un champ magnétique dont la valeur est approximativement de 100 milliteslas au voisinage des solénoïdes 4a et 4c et de 5 milliteslas au voisinage de l'axe X-X'.

20 Le solénoïde 5 créé, selon l'invention, un champ magnétique dont le vecteur champ est colinéaire à l'axe X-X' et dont la valeur est comprise entre 10 et 100 milliteslas et une impédance comprise entre 4 et 10 Ohms.

La fréquence des hautes tensions alternatives V6 et
25 V7 appliquées, notamment, respectivement aux premier 9 et deuxième 10 cylindres est sensiblement égale à la fréquence de résonance du système ECR. L'effet de l'application de ces hautes tensions alternatives V6 et V7 à cette fréquence en présence du champ magnétique B
30 est la génération d'une population d'électrons libres qui subissent une accélération centripète où le plan de l'orbite créée par cette accélération centripète est sensiblement perpendiculaire au vecteur représentant le champ magnétique B. De plus, chaque électron libre qui
35 possède une composante directionnelle de vitesse sensiblement parallèle au vecteur représentant le champ magnétique B aura une trajectoire hélicoïdale dans la

direction du vecteur représentant le champ magnétique B. Tant qu'un électron sera soumis à l'accélération centripète de ce système ECR et que la tension alternative de résonance sera appliquée aux premier 9 et
 5 deuxième 10 cylindres, la vitesse et ainsi l'énergie cinétique de l'électron augmentera. Le couplage capacitif résultant de l'application des tensions de sortie V6 et V7 aux premier 9 et deuxième 10 cylindres est nécessaire pour atteindre les objectifs de l'invention.

10 On se réfère à présent à la figure 4 sur laquelle est représenté l'effet de l'application de la première tension alternative V6 sur le premier cylindre 9 et de la deuxième tension alternative V7 sur le deuxième cylindre 10, ce qui génère un champ électrique E1, dont le vecteur
 15 champ est sensiblement perpendiculaire à l'axe X-X', ces deux tensions alternatives de sortie V6 et V7 étant en opposition de phase. La figure 4 représente ainsi l'effet du couplage capacitif entre les premier 9 et deuxième 10 cylindres dans une alternance où le premier cylindre 9
 20 est alimenté positivement par rapport au deuxième cylindre 10. Dans cette configuration électrique, il se développe, dans le premier espace 37 entre les premier 9 et deuxième 10 cylindres une charge d'espace négative et dans le deuxième espace 38 entre la tige centrale et le
 25 deuxième cylindre 10, une charge d'espace positive. Les perforations rectangulaires 17 du deuxième cylindre 10 conduisent à un transfert concentrique des particules chargées, ce qui génère un flux de charge spatiale allant du premier espace 37 vers le deuxième espace 38. De plus,
 30 l'électrode centrale 6 est alimentée par la première tension alternative V6, c'est à dire en opposition de phase par rapport au deuxième cylindre 10. Cette configuration électrique implique l'émission d'un signal électromagnétique EM1 créé par l'électrode centrale 6
 35 entourée par le second solénoïde 5 et la génération d'électrons libres tout le long de l'électrode centrale 6.

La figure 5 représente l'effet du couplage capacitif entre les premier et deuxième cylindres 9,10 dans le cas où le premier cylindre 9 est alimenté négativement par rapport au deuxième cylindre 10. Dans cette configuration électrique, il se développe, dans le premier espace 37 une charge d'espace positive et dans le deuxième espace 38 une charge d'espace négative. Les perforations rectangulaires 17 du deuxième cylindre 10 conduisent à un transfert concentrique des particules chargées, ce qui génère un flux de charge spatiale allant du deuxième espace 38 vers le premier espace 37. Cette configuration électrique implique l'émission d'un signal électromagnétique EM2 au niveau des tiges périphériques 7 et la génération d'électrons libres tout le long de ces électrodes périphériques 7 ainsi que la génération de positons au niveau de la tige centrale 6.

La première tension alternative V6 est appliquée aux grandes cloisons 12 et aux petites cloisons 13. Chaque paire de cloisons consécutives constituée par une grande cloison 12 et une petite cloison 13 peut alors être assimilée à un condensateur dont le fonctionnement est connu de l'art antérieur. La première tension alternative V6 appliquée à chaque paire de grande 12 et de petite 13 cloisons provoque la formation d'un champ électrique E2 dans l'espace intercloisons 34, le vecteur de ce champ électrique E2 changeant de sens au gré des alternances de la tension appliquée et ce vecteur n'étant pas parallèle au vecteur représentant le premier champ électrique E1. En appliquant la loi de Maxwell concernant l'induction d'un condensateur, ces champs électriques alternant induisent, comme représenté en figure 6, dans chaque espace intercloisons 34, un champ magnétique circulaire situé dans un plan approximativement parallèle aux grandes 12 et petites 13 cloisons, de telle sorte que le vecteur de ce champ magnétique soit tangent en tout point à la trajectoire circulaire de ce champ selon le sens défini par la règle des trois doigts, bien connue de

l'art antérieur, dans une alternance de phase. Dans cette même alternance de phase, le champ magnétique induit, selon la même théorie, dans un espace intercloisons 34 adjacent, aura les mêmes caractéristiques que définies précédemment mais le sens de sa trajectoire circulaire sera opposé comme représenté sur la figure 6. Au changement d'alternance de la tension d'alimentation des grandes 12 et petites 13 cloisons, le sens de rotation de chaque champ magnétique dans chaque espace intercloisons 34 s'inversera. De plus, dans une alternance, la valeur du champ magnétique variera également selon la valeur de la tension alternative.

De plus, l'arc de l'angle formé par un vecteur représentant le premier champ électrique E1 et par chaque vecteur représentant le deuxième champ électrique E2 est compris entre 60 et 120°.

On se réfère maintenant à la figure 7 en liaison avec la figure 6. En tout point situé dans le premier espace 37 et le deuxième espace 38 il existe un vecteur représentant un champ gyromagnétique résultant de l'addition du vecteur représentant le champ magnétique B et du vecteur représentant le champ électrique E2 variant induit par l'application de la première tension alternative V6 sur les grandes 12 et les petites 13 cloisons, comme expliqué précédemment. Le vecteur représentant le champ gyromagnétique aboutit à une multiplicité d'électrons libres tourbillonnant ayant la capacité de couper et de fragmenter les particules constituant le flux gazeux. La combinaison entre le vecteur représentant le champ magnétique B et le vecteur représentant le champ gyromagnétique caractérise le dispositif selon l'invention.

Préférentiellement, la fréquence de la première tension alternative V6 appliquée aux grandes cloisons 12 et aux petites cloisons 13 est choisie de manière que les électrons libres générés le long des tiges périphériques 7 soient sujet à la résonance cyclotronique électronique,

cette résonance étant générée par l'association de la tension alternative et du vecteur représentant le champ gyromagnétique ainsi que par la présence du champ électrique E1 induit par l'application des première V6 et
 5 deuxième V7 tensions alternatives aux, respectivement, premier 9 et deuxième 10 cylindres, ce dont il résulte un mouvement des électrons libres selon une trajectoire hélicoïdale H autour du vecteur représentant le champ gyromagnétique, ces électrons passant à travers les
 10 perforations 17 (figure 6) et 18a et 18b (figure 7) du deuxième cylindre 10.

La vitesse des électrons libres causée par la résonance cyclotronique électronique multipolaire est suffisamment importante pour qu'une lumière bleue
 15 caractéristique de l'effet Cerenkov, bien connu de l'art antérieur, soit observable au niveau des perforations 17, 18a et 18b du deuxième cylindre 10. L'analyse par spectroscopie d'émission de cette lumière suggère que l'énergie mise en évidence par la présence de cette
 20 lumière est due à l'énergie émise par les pulsations hadroniques dans la population d'atomes du plasma. En particulier, ceci suggère que les résultats obtenus par la présente invention peuvent servir d'outils dans les secteurs de la physique nucléaire, de l'énergie
 25 nucléaire, de la chromodynamique quantique et de la théorie des cordes.

Il peut être démontré que les flux d'énergie électromagnétique et électromécanique résultants et les résonances cyclotroniques électroniques possèdent une
 30 amplitude et une fréquence suffisamment importantes, selon les dimensions physiques des cavités du dispositif de l'invention, pour que le libre parcours moyen des électrons soit inférieur aux dimensions de ces cavités. Les cavités sont les espaces délimités par les différents
 35 éléments du dispositif dans l'enceinte de confinement 1.

La figure 8 représente les avalanches électroniques se produisant au niveau des tiges périphériques 7 et de

la tige centrale 6. Lors de l'application d'une haute tension alternative sur ces tiges à extrémités coniques, les électrons acquièrent une énergie suffisante pour ioniser les molécules du gaz et déclencher les mécanismes d'avalanches électroniques caractérisés par une production exponentielle d'électrons. La tige centrale 6 et les tiges périphériques 7 émettent un signal électromagnétique respectivement EM1 et EM2 aux alentours de leurs extrémités. Ce signal ou champ ionise les populations d'atomes du milieu gazeux aux alentours des tiges et crée une pluralité d'électrons libres qui sont également soumis au champ électrique additionnel résultant de l'application des première V6 et deuxième V7 tensions alternatives aux premier 9 et deuxième 10 cylindres.

La figure 9 représente la trajectoire cyclotronique des électrons aux alentours de l'extrémité conique de la tige centrale 6 sous l'effet du champ magnétique B2 résultant de l'application du courant I1 dans le second solénoïde 5. Dans ce cas, la présence du champ magnétique B2 avec l'effet additionnel du champ électrique B1 augmente la densité électronique aux alentours de l'extrémité conique de la tige centrale 6 dont l'effet est de créer, dans cet espace, des avalanches denses d'électrons libres qui créent une extension de la partie conique de la tige centrale 6.

On se réfère à présent à la figure 10 qui représente les courbes d'alimentations électriques alternatives sous très haute tension avec les modulations essentielles de fréquences utilisées pour l'alimentation du dispositif selon l'invention. Pour la définition des effets recherchés, il est défini une impédance équivalente $L_{\text{équivalent}}$ correspondant à l'impédance équivalente de l'espace de multiplication électronique et à l'impédance équivalente de l'espace de la dérive ionique. Cette impédance équivalente a été testée sous trois valeurs de 60 000, 40 000 et 25 000 Ohms. Les

tensions correspondent à 5 à 9 kilovolts pour le premier palier, 6 à 12 kilovolts pour le deuxième palier et 10 à 20/30 kilovolts pour le troisième palier. A une fréquence de 5 Hertz l'utilisation optimum pour l'espace de multiplication électronique se situera entre 2 et 6 kilovolts, l'utilisation des basses fréquences, inférieures à 6 Hertz favorisant les plans d'ondes stationnaires. Pour une fréquence de 50 Hertz, l'utilisation préconisée sera une tension de 5 à 12 kilovolts pour favoriser l'espace de dérive ionique, la consommation électrique étant moyenne dans ce cas. Pour une fréquence de 100 Hertz, l'intensité absorbée est faible et constante jusqu'à une valeur de tension de l'ordre de 12 à 15 kilovolts, l'espace de multiplication électronique et de dérive ionique étant, dans ce cas, parfaitement confondus et homogènes.

Le figure 11 représente un second mode de réalisation du dispositif selon l'invention. Ce dispositif comprend deux chambres de traitement amont 40 et aval 41 selon le sens de cheminement du flux gazeux. La chambre aval 41 est disposée en prolongement axial de la chambre amont 40. Les éléments de la chambre de traitement amont 40 sont identiques aux éléments contenus dans l'enceinte de confinement 1 correspondant au premier mode de réalisation de l'invention hormis, notamment, l'ajout, dans le prolongement du premier cylindre 9 selon le sens de cheminement du flux gazeux et solidaire de celui-ci, d'une première coupelle tronconique 42 convergeant vers la chambre aval. Cette première coupelle tronconique 42, en un matériau électriquement conducteur, de préférence métallique, permet de réfléchir les jets hydroniques résultant du fonctionnement du dispositif selon l'invention.

La troisième paroi perforée 32 est prise en sandwich entre une troisième plaque perforée 43 en un matériau électriquement conducteur, et une quatrième plaque perforée 44, en un matériau électriquement

conducteur, de préférence métallique. La troisième plaque perforée 43 est solidaire de l'extrémité aval de la coupelle tronconique 42. L'ensemble formé par les plaques perforées transversales 43 et 44 et la paroi 32 permet le passage du flux gazeux de la chambre amont 40 à la chambre aval 41 par les perforations 43a, 44a des plaques perforées 43 et 44 et par les perforations 32a de la paroi 32 en alignement les unes aux autres. De plus, cet ensemble fait également office d'accélérateur d'électrons lors de leur passage de la chambre amont 40 vers la chambre aval 41 et forme ainsi un accélérateur électronique par la différence de potentiels appliqués respectivement aux plaques 43 et 44 comme on le verra ultérieurement.

De plus, une tige 45 en un matériau électriquement conducteur est fixée à la quatrième plaque perforée 44 coaxialement à l'axe X-X' et a son extrémité libre de forme conique dirigée faisant sailli dans la chambre amont 40 en vis à vis la tige centrale 6. La tige 45 traverse ainsi la troisième paroi perforée 32 et la troisième plaque perforée 43 en étant façon électriquement isolée de celles-ci. L'extrémité conique de la tige 45 permet également la réflexion des jets hydroniques.

Dans la chambre amont 40, le centre de concordance électrique 46 est situé approximativement au niveau de l'extrémité de l'électrode centrale 6. Le centre de concordance électrique 46 ainsi que l'extrémité des tiges périphériques 7 sont des centres actifs de densité électronique très forte avec pulsation cyclotronique à harmoniques hybrides qui se projettent selon l'axe X-X'. Les jets hydroniques se réfléchissent sur la première coupelle tronconique 42 et sur l'extrémité conique de la tige 45 et créés ainsi des combinaisons de plasmas réfléchis et incidents qui contribuent essentiellement à densifier le plasma de la chambre amont 40 pour favoriser

les résonances électriques, électroniques et électromagnétiques dans cette chambre.

La chambre aval 41 est définie par une deuxième coupelle tronconique 47 en un matériau électriquement conducteur, convergeant vers la chambre amont 40 et fixée, à son extrémité de plus diamètre à la quatrième plaque perforée 44, et par un troisième cylindre 48 en un matériau électriquement conducteur, situé en prolongement de la coupelle tronconique 47 en étant coaxial à l'axe X-X'. Le troisième cylindre 48 est réalisé en une seule pièce avec la coupelle tronconique 47. Cette deuxième coupelle tronconique 47 assure la diffusion homogène en vitesse du flux plasmatique.

La quatrième plaque perforée 44 supporte des pointes 49 réalisés en un matériau électriquement conducteur. Les pointes 49 sont fixées à la quatrième plaque perforée 44 concentriquement à l'axe longitudinal X-X'. Les volumes de confinement des charges d'espace au niveau des extrémités des pointes 49, créent des avalanches électroniques en pulsation cyclotronique.

Une cinquième plaque perforée 50, en un matériau électriquement conducteur est fixée transversalement à l'extrémité aval du troisième cylindre 48 et est ainsi reliée électriquement à celui-ci. De plus, une quatrième paroi perforée 51 en un matériau électriquement isolant et opaque aux signaux électromagnétiques est fixée à la face aval de la cinquième plaque perforée 50. Une sixième plaque perforée 59 en un matériau électriquement conducteur est fixée à la face aval de la quatrième paroi perforée 51 et une cinquième paroi perforée 60 en un matériau électriquement isolant et opaque aux signaux électromagnétiques est fixée à la face aval de la sixième plaque perforée 59.

L'ensemble constitué par les cinquième 50 et sixième 59 plaques perforées et par les quatrième 51 et cinquième 60 parois perforées permet la sortie du flux

gazeux traité au travers de leurs perforation respectives axialement alignées 50a, 51a, 59a, 60a.

La chambre aval 41 comprend un quatrième cylindre 52, en un matériau électriquement conducteur, fixé à la sixième plaque perforée 59 concentriquement à l'axe longitudinal X-X' du dispositif et comportant une série d'au moins trois rangées transversales de perçages 53 réalisés circonférentiellement au travers de la paroi latérale de ce cylindre au niveau de son extrémité libre amont. Le quatrième cylindre 52 comporte en outre des dents 54 faisant saillie de son bord libre circulaire amont en s'étendant axialement. L'extrémité libre du quatrième cylindre 52 est approximativement située à la moitié de la longueur de la chambre aval 41.

De préférence, les perçages 53 sont circulaires et leur diamètre est compris entre 1,5 et 2 mm et les dents 54 ont une hauteur d'environ 2 mm, une largeur comprise entre 1 et 1,5 mm et sont espacées entre elles d'une distance d'environ 2 mm.

La chambre aval 41 comprend en outre un cinquième cylindre 55, en un matériau électriquement conducteur, de préférence métallique, fixé à la cinquième plaque perforée 50 concentriquement à l'axe longitudinal X-X' du dispositif et disposé dans le quatrième cylindre 52. Ce cinquième cylindre 55 a un diamètre inférieur au diamètre du quatrième cylindre 52 mais il présente une longueur supérieure à la longueur du quatrième cylindre 52. De plus, le cinquième cylindre 55 comporte une série d'au moins trois rangées transversales de perçages 56 réalisés circonférentiellement au travers de la paroi latérale de ce cylindre. Le cinquième cylindre 55 comporte en outre des dents 57 faisant saillie de son bord libre circulaire amont en s'étendant axialement.

De préférence, les perçages 56 sont circulaires et leur diamètre est compris entre 1,5 et 2 mm et les dents 57 ont une hauteur d'environ 2 mm, une largeur comprise

entre 1 et 1,5 mm et sont espacées entre elles d'environ 2 mm.

La chambre aval 41 comporte un centre de concordance électrique 58 qui présente les mêmes caractéristiques que le centre de concordance électrique 56 de la chambre amont 40.

Dans cette variante du dispositif, l'ensemble formant solénoïde 4 entoure les chambres amont 40 et aval 41. Cet ensemble formant solénoïde 4 est constitué par les trois solénoïdes 4a, 4b et 4c accolés et disposés coaxialement par rapport à l'axe X-X'. Contrairement au dispositif correspondant au premier mode de réalisation de l'invention, le nombre d'enroulement des solénoïdes 4a et 4c est inférieur au nombre d'enroulement du solénoïde 4b. Ceci implique que la valeur des champs magnétiques B1a, B1c induits par les solénoïdes 4a et 4c est inférieure à la valeur du champ magnétique B1b induit par le solénoïde 4b.

La figure 11 représente le système d'alimentation de la chambre aval 41 également utilisé pour alimenter la chambre amont 40 comme précédemment décrit. Ainsi, la cinquième plaque perforée 50 est alimentée par la deuxième tension alternative V7, ce qui implique que l'ensemble constitué par le troisième cylindre 48, la coupelle tronconique 47, la quatrième plaque perforée 44, les pivots 49 et le cinquième cylindre 55 est en opposition de phase par rapport à l'ensemble constitué par le premier cylindre 9, la coupelle tronconique 42 et la troisième plaque perforée 43.

La sixième plaque perforée 59 est alimentée par la première tension alternative V6, ce qui implique que le quatrième cylindre 52 est en opposition de phase par rapport à l'ensemble constitué par le troisième cylindre 48, la coupelle tronconique 47, la quatrième plaque perforée 44, les pivots 49 et le cinquième cylindre 55.

Le dispositif selon l'invention est traversé par un flux d'air ou de tout autre milieu gazeux contenant une

combinaison quelconque de particules inertes, de
particules contaminantes inorganiques, de particules
contaminantes organiques non-biologiques, de particules
biologiques. telles que des bactéries, des spores
5 bactériennes, des champignons, des spores de champignons
et des virus. Ce flux d'air ou ce milieu gazeux entre
dans l'enceinte de traitement du dispositif de
l'invention en passant à travers les première et deuxième
paroi perforées 3a et 3b et les première et deuxième
10 plaque perforées 2a et 2b à la température ambiante et à
la pression atmosphérique.

A cause de l'intensité importante de l'énergie
électromagnétique et électromécanique des électrons
libres, photons, radicaux et ions créés à travers le
15 dispositif formant générateur à plasma, les particules
sont détruites ou transformées le long de leur parcours
dans le dispositif. La vitesse de destruction et de
transformation des particules est très rapide et ceci
étant principalement du aux vitesses des électrons et des
20 ions, aux intensités des émissions photoniques provenant
des radicaux instables ainsi qu'aux collisions électrons-
électrons, particules-électrons et particules-ions et au
volume du plasma dans lequel ces vitesses et ces
émissions photoniques proviennent des résonances
25 cyclotroniques électroniques gyromagnétiques
multipolaires selon l'invention. L'énergie cinétique des
particules chargées résultant de ces vitesses et de ces
émissions photoniques ont les effets suivants : rupture
des membranes cellulaires et/ou des protéines entourant
30 ces particules biologiques et des dommages irréversibles
de l'ADN et de l'ARN de ces particules biologiques ;
fragmentation des particules organiques non biologiques
et des particules inorganiques ; segmentation,
transformation ou modification des assemblages
35 moléculaires et des molécules.

La figure 12 est une courbe mettant en évidence les
capacités stérilisatrices du dispositif selon

l'invention. L'axe des abscisses représente le temps écoulé en secondes et l'axe des ordonnées représente le nombre de colonies de *Bacillus stearothermophilus* dénombrées par unité volumique. La courbe A qui est une
 5 courbe témoin montre l'augmentation du nombre de bactéries au cours du temps. La courbe B correspond aux dénombrements bactériens effectués en sortie du dispositif selon l'invention. On constate que le nombre de colonies de *B.stearothermophilus* est quasiment nul
 10 lorsque le flux gazeux contenant ces bactéries a traversé le dispositif formant générateur à plasma, le flux gazeux ayant été stérilisé.

La figure 13 est une courbe mettant en évidence la fragmentation des particules constituant le flux gazeux
 15 qui traverse le dispositif. L'axe des abscisses représentent le temps écoulé en seconde et l'axe des ordonnées représente le nombre de particules en pourcentage de la population initiale. La courbe C correspond au nombre de particules par unité volumique dont le diamètre est supérieur à $0,3 \mu\text{m}$ et la courbe D
 20 correspond au nombre de particules par unité volumique dont le diamètre est inférieur à $0,3 \mu\text{m}$. Il apparaît clairement que les particules constituant le flux gazeux traversant le dispositif sont fragmentés en majorité en
 25 particules de diamètre inférieur à $0,3 \mu\text{m}$.

Aux voisinages de l'entrée du dispositif de l'invention, il peut être placé au moins un appareil d'échantillonnage, contrôlé manuellement ou
 30 automatiquement, qui effectue des tests sur le flux gazeux avant son entrée dans le dispositif, concernant la présence et la quantité de différents types de contaminants. Les résultats de ces tests peuvent être transmis électriquement à un appareil de commande couplé
 35 électriquement au système d'alimentation 14. Cet appareil de commande peut alors contrôler, selon les résultats des tests, les tensions alternatives de sortie V6 et V7 ainsi que le courant I1 pour atteindre différents niveaux de

fonctionnement du dispositif de l'invention selon le niveau de contamination à l'entrée du dispositif.

REVENDICATIONS

1. Procédé pour générer un plasma dans un milieu gazeux, caractérisé en ce que le plasma est de type à résonance cyclotronique électronique (ECR) gyromagnétique multipolaire, et en ce qu'il comprend les étapes suivantes :

(a) la création, dans une enceinte de confinement, d'un champ magnétique stationnaire (B) avec un haut degré d'uniformité, le vecteur représentant le champ magnétique stationnaire (B) se trouvant suivant un axe longitudinal X-X' traversant l'enceinte de confinement, la valeur de ce champ magnétique stationnaire (B) étant variable,

(b) la création du plasma dans l'enceinte de confinement (1), en présence du champ magnétique stationnaire (B), par l'émission dans le milieu gazeux d'un signal électromagnétique (EM1, EM2), cette émission étant obtenue par l'application d'au moins une tension alternative dont la fréquence et l'amplitude sont variables,

(c) la création d'au moins un premier champ électrique variable (E1) dans le plasma par l'application d'au moins une tension alternative, cette tension alternative ayant une amplitude et une fréquence variables et le vecteur représentant le premier champ électrique (E1) se trouvant suivant un axe perpendiculaire à l'axe longitudinal X-X',

(d) la création d'au moins un second champ électrique (E2) dans le plasma par l'application d'au moins une tension alternative, l'amplitude et la fréquence de cette tension alternative étant approximativement égale à l'amplitude et à la fréquence de la tension alternative générant le champ électrique E1 et le vecteur représentant le second champ électrique (E2) se trouvant sur un axe non parallèle à l'axe sur

lequel se trouve le vecteur du premier champ électrique (E1),

(e) l'application de signaux électriques permettant de contrôler la valeur du champ magnétique stationnaire (B), la fréquence et l'amplitude des tensions alternatives générant les champs électriques E1, E2 et les champs électromagnétiques EM1, EM2, l'application de ces signaux électriques permettant de créer (i) une résonance cyclotronique électronique (ECR) dans laquelle l'axe de l'orbite d'accélération centripète des électrons et des autres particules chargées est parallèle à l'axe longitudinal X-X' (ii) des résonances cyclotroniques électroniques (ECR) dans lesquelles les axes des orbites d'accélération centripète des électrons et des autres particules chargées oscillent de manière gyromagnétique.

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que le plasma généré est un plasma froid.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que le champ magnétique stationnaire (B) avec un haut degré d'uniformité comprend :

(a) un premier champ magnétique uniforme (B1) dont les lignes de champ passent à travers une première courbe fermée se trouvant dans un plan perpendiculaire à l'axe longitudinal X-X' et centrée sur cet axe,

(b) un second champ magnétique uniforme (B2) dont les lignes de champ passent à travers une seconde courbe fermée située dans le même plan que le plan contenant la première courbe fermée, la seconde courbe fermée se trouvant à l'intérieur de la première courbe fermée.

4. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'arc de l'angle formé par le vecteur représentant le premier champ électrique (E1) créé par l'application de la tension alternative et par chaque vecteur représentant le ou les second champs électriques (E2) créés par l'application de la tension alternative est compris entre 60 et 120°.

5. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce que les amplitudes et les fréquences des tensions alternatives générant les champs électriques E1, E2 et les signaux électromagnétiques EM1, EM2 sont approximativement égales.

6. Procédé selon l'une des revendications précédentes, caractérisé en ce qu'il s'applique à la décontamination de l'air ambiant ainsi que de tout autre milieu gazeux en détruisant et/ou en transformant les atomes et molécules constituant les contaminants présents dans l'air ambiant ou dans le milieu gazeux, par l'énergie électromagnétique et électromécanique du plasma.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que les contaminants sont constitués par l'une des espèces suivantes ou une combinaison de celles-ci : des aérosols microbiens comprenant des micro-organismes pathogènes tels que des bactéries, des spores, des particules virales et retrovirales, des agents protéiques pathogènes tels que les prions ; des composés organiques volatiles et aromatiques, des chlorofluorocarbones, différents éléments oxydables et oxydants tels que l'oxygène, l'azote et le soufre ; l'ozone ; ainsi que des fibres et particules provenant de poussières et de fumées.

8. Procédé selon la revendication 6 ou 7, caractérisé en ce que l'air ou tout autre milieu gazeux contaminé est échantillonné manuellement ou automatiquement pour déterminer la présence et la quantité par unité volumique des différents contaminants, avant de l'introduction du flux gazeux dans l'enceinte de confinement précité.

9. Procédé selon la revendication 8, caractérisé en ce que les informations ou données concernant la présence ou la quantité par unité volumique de contaminants dans l'air ambiant ou dans le milieu gazeux sont utilisées pour contrôler les signaux électriques.

10. Dispositif formant générateur à plasma, caractérisé en ce que le plasma est de type à résonance cyclotronique électronique (ECR) gyromagnétique multipolaire, et qu'il comprend :

- 5 (a) une enceinte de confinement (1) d'un milieu gazeux comprenant au moins une chambre de traitement (40) qui comprend à son extrémité amont une première plaque transversale perforée (2a) en un matériau électriquement conducteur, une première paroi perforée (3a) en un
10 matériau électriquement isolant et opaque aux signaux électromagnétiques fixée la face amont de la première plaque perforée (2a), une deuxième plaque transversale perforée (2b) en un matériau électriquement conducteur fixée à la face amont de la première paroi perforée (3),
15 une deuxième paroi transversale perforée (3b) en un matériau électriquement isolant et opaque aux signaux électromagnétiques fixée à la face amont de la deuxième plaque perforée (2b) et une troisième paroi transversale perforée (32) parallèle à la première plaque perforée
20 (2a) et axialement espacée de celle-ci pour délimiter l'enceinte de confinement, la troisième paroi perforée en un matériau électriquement isolant et opaque aux signaux électromagnétiques, et située à l'extrémité aval de la chambre de traitement 40 pour permettre la sortie du flux gazeux à travers la troisième paroi perforée,
25 (b) un moyen (4) pour générer un premier champ magnétique uniforme (B1), le vecteur représentant ce premier champ magnétique (B1) étant parallèle à l'axe longitudinal X-X' de la chambre de traitement (40), cet
30 axe longitudinal X-X' passant par le centre de la première plaque perforée (2) et de la troisième paroi perforée (32),
(c) un moyen (5) pour générer, dans la chambre de traitement (40), un deuxième champ magnétique uniforme
35 (B2) dans le premier champ magnétique uniforme (B1), le vecteur représentant le deuxième champ magnétique (B2)

étant parallèle et ayant la même direction que le vecteur représentant le premier champ magnétique uniforme (B1),

(d) un moyen (6,7) pour émettre un signal électromagnétique (EM1) dans le milieu gazeux de la
5 chambre de traitement (40) pour produire des électrons libres dans ce milieu gazeux, par l'application à ce moyen (6,7) d'au moins une tension alternative (V6 ; V7),

(e) un moyen (9,10) pour générer un premier champ électrique uniforme (E1) dans le plasma, par
10 l'application à ce moyen (9,10) d'au moins une tension alternative (V6 ; V7) dont l'amplitude et la fréquence peuvent être variables et l'axe sur lequel se trouve le vecteur représentant le premier champ électrique uniforme (E1) est perpendiculaire à l'axe longitudinal X-X' de la
15 chambre de traitement (40),

(f) un moyen (12,13) pour générer un ou plusieurs second champs électriques (E2) dans le plasma, par l'application à ce moyen (12,13) d'une première tension alternative (V6) et l'axe sur lequel se trouve le vecteur
20 représentant chaque deuxième champ électrique (E2) n'est pas parallèle à l'axe sur lequel se trouve le vecteur représentant le premier champ électrique uniforme (E1),

(g) un système alimentation (14) contrôlant la valeur des premier et deuxième champ magnétique uniforme
25 (B1,B2), la fréquence et l'amplitude des tensions alternatives (V6 ; V7) et de la première tension alternative (V6), ce système d'alimentation (14) permettant de générer (i) une résonance cyclotronique électronique (ECR) dans lequel l'axe de l'orbite
30 d'accélération centripète des électrons et des particules chargées est parallèle à l'axe X-X' de la chambre de traitement 40 (ii) des résonances cyclotroniques électroniques (ECR) dans lesquels les axes des orbites d'accélération centripète des électrons et des particules
35 chargées oscillent de manière gyromagnétique.

11. Dispositif selon la revendication 10, caractérisé en ce que le plasma est un plasma froid.

12. Dispositif selon la revendication 10 ou 11, caractérisé en ce que le moyen (9,10) pour générer le premier champ électrique uniforme (E1) comprend :

(a) un premier cylindre (9) coaxial à l'axe longitudinal X-X', réalisé en un matériau électriquement conducteur, délimitant le volume de la chambre de traitement (40), l'extrémité amont de ce premier cylindre (9) est fixée à la première plaque perforée (2a) et l'extrémité aval du premier cylindre (9) est fixée à la troisième paroi perforée (32), ce premier cylindre (9) étant alimenté par la première tension alternative (V6),

(b) un second cylindre (10) réalisé en un matériau électriquement conducteur, dont l'axe longitudinal est colinéaire à l'axe longitudinal X-X', disposé concentriquement à l'intérieur du premier cylindre (9), l'extrémité amont du second cylindre (10) est fixée à la deuxième plaque perforée (2b), son extrémité aval est une extrémité libre comportant des dents (33), et le second cylindre (10) comporte une pluralité de perçages circonférentiels (17 ; 18a ; 18b) à travers lesquels le gaz ionisé par le plasma circule, ce second cylindre (10) étant alimenté par la deuxième tension alternative (V7), la première tension alternative (V6) et la deuxième tension alternative (V7) ayant la même amplitude et la même fréquence mais étant en opposition de phase, le système d'alimentation des premier et second cylindres (9 ; 10) induisant un couplage capacitif.

13. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 12, caractérisé en ce que les perçages circonférentiels (17 ; 18a ; 18b) du second cylindre (10) sont constitués par au moins trois séries circonférentielles de perforations circulaires (18a ; 18b) à partir de l'extrémité libre aval de ce second cylindre (10), et par une série circonférentielle de perforations rectangulaires (17) s'étendant longitudinalement selon l'axe X-X' et disposées approximativement vers l'extrémité amont du second cylindre (10).

14. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 13, caractérisé en ce que le moyen (4) pour générer le premier champ magnétique uniforme (B1) est constitué par un ensemble formant solénoïde (4) entourant le premier cylindre (9) et en ce que le moyen (5) pour générer le second champ magnétique uniforme (B2) est constitué par un second solénoïde (5) disposé à l'intérieur du second cylindre (10), les premier (4) et deuxième (5) solénoïdes étant alimenté par un courant I1 et ces premier et second champ magnétiques (B1,B2) induisant un couplage selfique dans la chambre de traitement (40).

15. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 14, caractérisé en ce que le moyen (6,7) pour émettre des signaux électromagnétiques dans la chambre de traitement (40) comprend :

(a) une tige centrale (6) en un matériau électriquement conducteur s'étendant longitudinalement dans la chambre de traitement (40) et présentant un extrémité conique, cette tige centrale (6) est fixée sur la première plaque (2a), perpendiculairement et approximativement en son centre, et elle est entourée par le second solénoïde (5) sur au moins une partie de sa longueur, cette tige centrale (6) étant alimentée par la première tension alternative (V6) ;

(b) une pluralité de tiges périphériques (7) en un matériau électriquement conducteur, s'étendant longitudinalement dans la chambre de traitement (40), présentant une extrémité conique, ces tiges périphériques (7) sont fixées à la deuxième plaque perforée (2b) perpendiculairement à celle-ci, et sont disposées concentriquement sur un cercle de rayon compris entre le rayon du premier cylindre (9) et le rayon du second cylindre (10), ces tiges périphériques (7) étant alimentées par la deuxième tension alternative (V7).

16. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 15, caractérisé en ce que le moyen (12,13) pour générer

le second champ électrique (E2) par l'application d'une troisième tension alternative (V3) comprend :

(a) une pluralité de grandes cloisons radiales (12) réalisées en un matériau électriquement conducteur, s'étendant longitudinalement dans la chambre de traitement (40) de façon que leurs bords libres longitudinaux soient parallèles à l'axe X-X', ces grandes cloisons radiales (12) sont fixées, sur leur partie longitudinale, à la surface interne du premier cylindre (9) et elles sont fixées sur leur partie transversale amont à la première plaque perforée (2a), la largeur transversale de ces grandes cloisons (12) est inférieure à la distance entre le premier cylindre (9) et le second cylindre (10), la première tension alternative V6 étant appliquée aux grandes cloisons (12) diamétralement opposées ;

(b) une pluralité de petites cloisons radiales (13) réalisées en un matériau électriquement conducteur, s'étendant longitudinalement dans la chambre de traitement (40) de façon à ce que leurs bords libres longitudinaux soient parallèles à l'axe X-X', ces petites cloisons radiales (13) sont fixées, sur leur partie longitudinal, à la surface interne du premier cylindre (9) et elles sont fixées sur leur partie transversale amont à la première plaque perforée (2a), la largeur de ces petites cloisons (13) est inférieure à la largeur des grandes cloisons (12), les petites cloisons sont diamétralement opposées et elles comportent au moins trois séries de perforations circulaires (132) à partir de leur bord libre aval transversal, et la première tension alternative (V6) est appliquée aux petites cloisons (13).

17. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 16, caractérisé en ce que le système d'alimentation (14) comprend :

(a) un moyen d'alimentation électrique (23) de ce système d'alimentation (14) délivrant une tension alternative (V4),

5 (b) un moyen (35) pour transformer la tension alternative (V4) de la source d'entrée (23) en une tension alternative intermédiaire (V5),

(c) un moyen (36) pour faire varier la fréquence de la tension alternative intermédiaire (V5), et

10 (d) un moyen (28) pour transformer cette tension alternative intermédiaire (V5) en les première (V6) et deuxième (V7) tensions alternatives de sortie, et en le courant de sortie (I1).

18. Dispositif selon la revendication 17, caractérisé en ce que le moyen d'alimentation électrique
15 (23) est une source d'entrée du secteur qui fournit une tension (V4) du secteur d'environ 220 V à une fréquence d'approximativement 50 Hertz.

19. Dispositif selon la revendication 17 ou 18, caractérisé en ce que la valeur de la tension alternative
20 intermédiaire (V5) est comprise entre approximativement 10 et 50 Volts.

20. Dispositif selon la revendication 19, caractérisé en ce que la valeur de la tension alternative intermédiaire (V5) peut prendre les valeurs
25 approximatives de 10, 24 ou 50 Volts.

21. Dispositif selon l'une des revendications 17 à 20, caractérisé en ce que la valeur des première et deuxième tensions alternatives (V6 ; V7) est comprise entre 1 et 30 kilovolts à une fréquence comprise entre 5
30 Hertz et 10 kiloHertz pour une puissance comprise entre 1 et 30 Watts.

22. Dispositif selon l'une des revendications 17 à 21, caractérisé en ce que le moyen (28) pour transformer la tension alternative intermédiaire (V5) en les
35 première et deuxième tension alternative (V6 ; V7) est un transformateur (28) dont l'impédance s'adapte

automatiquement et sans perte de puissance à l'impédance variante du dispositif.

23. Dispositif selon la revendication 22, caractérisé en ce que le coeur du transformateur (28) est
5 à base de ferrite et de terre rare.

24. Dispositif selon l'une des revendications 17 à 23, caractérisé en ce que la valeur du courant (I1) est comprise entre 1 microAmpère et 0,1 Ampère.

25. Dispositif selon l'une des revendications 17 à
10 24, caractérisé en ce que la valeur des première et deuxième tensions alternatives (V6;V7) est d'environ 15 kiloVolts pour une puissance délivrée d'approximativement 100 Watts.

26. Dispositif selon l'une des revendications 18 à
15 24, caractérisé en ce que la valeur de la tension alternative de sortie (V6;V7) est d'environ 5 kilovolts pour une puissance délivrée d'approximativement 30 Watts.

27. Dispositif selon l'une des revendications 18 à
20 26, caractérisé en ce que le diamètre du premier cylindre (10) est approximativement de 13 centimètres et en ce que le dispositif est en état de fonctionnement lorsque le courant (I1) circulant dans les premier et second solénoïde (4,5) est d'approximativement 0,1 Ampère et que cette valeur du courant (I1) est combinée avec les
25 couples de la valeur de la tension alternative (V6 ; V7) et de la fréquence suivants : 1 kilovolts ; 350 Hertz ou 1,5 kilovolts ; 500 Hertz ou 2 kilovolts ; 650 Hertz.

28. Dispositif selon la revendication 14, caractérisé en ce que l'ensemble formant solénoïde (4)
30 comprend trois solénoïdes distincts et axialement accolés (4a,4b,4c) et montés sur le premier cylindre 9, les premier et troisième solénoïdes (4a,4c) étant constitués par un nombre d'enroulement par unité de longueur supérieur au nombre d'enroulement de la deuxième région
35 (4b), la valeur des champs magnétiques (B1a,B1c) résultant des premier et troisième solénoïdes (4a,4c) est

supérieure à la valeur du champ magnétique (B1b) résultant du deuxième solénoïde (4b).

29. Dispositif selon l'une des revendications 10 à 27, caractérisé en ce que l'enceinte de confinement (1) comprend une deuxième chambre de traitement (41) dans le prolongement de la première chambre de traitement (40) dans laquelle le premier cylindre (9) est prolongé par une première coupelle tronconique (42) en un matériau électriquement conducteur, convergeant vers la troisième paroi perforée (32) qui sépare les deux chambres de traitement (40,41) ; la paroi perforée (32) est prise en sandwich entre une troisième plaque transversale perforée (43) en un matériau électriquement conducteur solidaire de la première coupelle (42) et une quatrième plaque transversale perforée (44) en un matériau électriquement conducteur ; la deuxième chambre de traitement (41) est constituée d'une deuxième coupelle tronconique (47) solidaire de la quatrième plaque (44), convergeant vers la chambre amont et solidaire par son extrémité aval d'un troisième cylindre (48) en un matériau électriquement conducteur, solidaire, par son extrémité aval, d'une cinquième plaque transversale perforée (50) en un matériau électriquement conducteur ; une quatrième paroi perforée (51) en un matériau électriquement isolant est fixée à la face aval de la cinquième plaque (50) ; une sixième plaque transversale perforée (59) en un matériau électriquement conducteur est fixée à la face aval de la quatrième paroi (51) ; et une cinquième paroi transversale perforée (60) en un matériau électriquement isolant est fixée à la face aval de la sixième plaque (59) ; en ce que la deuxième chambre de traitement (41) comprend en outre un quatrième cylindre (52) en un matériau électriquement conducteur fixé à la sixième plaque perforée (59) et comportant une série d'au moins trois rangées transversales de perçages circonférentielles (53) au niveau de son extrémité libre amont ainsi que des dents (54) s'étendant axialement à

partir de son extrémité libre ; et un cinquième cylindre (55) de diamètre inférieur au diamètre du cylindre (52) et de longueur supérieure à la longueur du cylindre (52), le cinquième cylindre (55) étant fixé à la cinquième plaque (50) et comportant une série d'au moins trois rangées transversales de perçages circonférentielles (56) au niveau de son extrémité libre amont ainsi que des dents (57) s'étendant axialement à partir de son extrémité libre et en ce que le dispositif comprend également une tige (45) à extrémité libre conique en un matériau électriquement conducteur fixée à la plaque (44) et faisant saillie dans la chambre amont (40) en traversant la paroi (32) et la plaque (43) de façon électriquement isolée ; des pointes (49) en un matériau électriquement conducteur disposées concentriquement sur la quatrième plaque (44) et faisant saillies dans la chambre aval (41) ; et l'ensemble formant solénoïde (4) constitué par trois solénoïdes (4a,4b,4c) accolés et disposés coaxialement autour des chambres amont et aval (40,41), le nombre d'enroulements du deuxième solénoïde (4b) étant supérieur au nombre d'enroulements des premier et troisième solénoïdes (4a,4c).

30. Dispositif selon la revendication 29, caractérisé en ce que la première tension alternative (V6) est appliquée à la plaque (2a) et à la plaque (59) et que la deuxième tension alternative (V7) est appliquée à la plaque (2b) et à la plaque (50).

31. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 10 à 30, caractérisé en ce que le milieu gazeux est constitué par un flux d'air ambiant ou de tout autre milieu gazeux à température ambiante et pression atmosphérique et en ce que ce milieu gazeux est chargé en une combinaison quelconque de particules inertes, de particules organiques non biologiques, de particules inorganiques contaminantes, de particules biologiques telles que les bactéries, les spores bactériennes, les champignons, les spores de champignons et/ou les virus,

et dans lequel ces particules sont détruites ou transformées durant leur passage dans la chambre de traitement (40) avant de sortir de la chambre de traitement (40) à travers la troisième paroi perforée
5 (32).

32. Dispositif selon la revendication 31, caractérisé en ce qu'il comprend au moins un appareil manuel ou automatique d'échantillonnage, cet appareil d'échantillonnage permettant de fournir des informations
10 relatives à la présence des divers types de contaminants, ces informations étant transmises manuellement ou automatiquement à un appareil de contrôle couplé à l'alimentation (14), cet appareil de contrôle permettant de moduler la tension alternative (V6 ; V7) ainsi que le
15 courant (I1) selon le niveau de contamination à l'entrée du dispositif.

1/6

FIG. 3

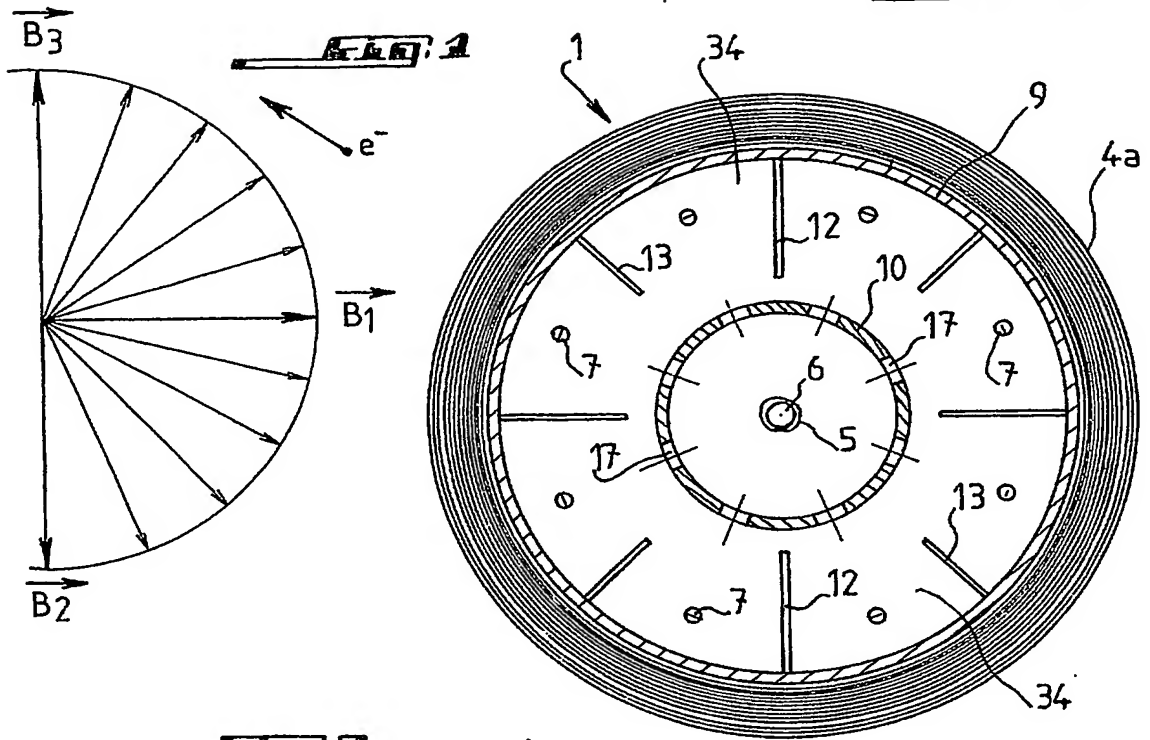
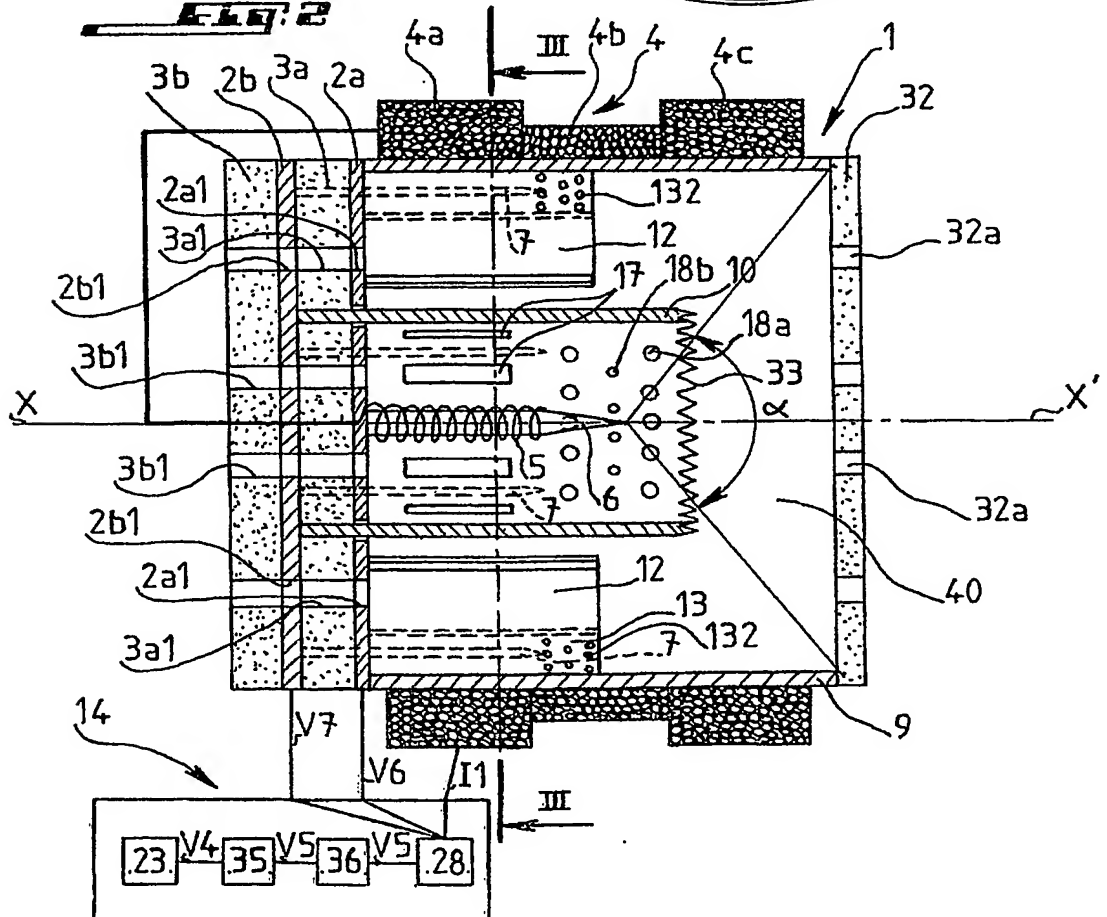


FIG. 2



3/6

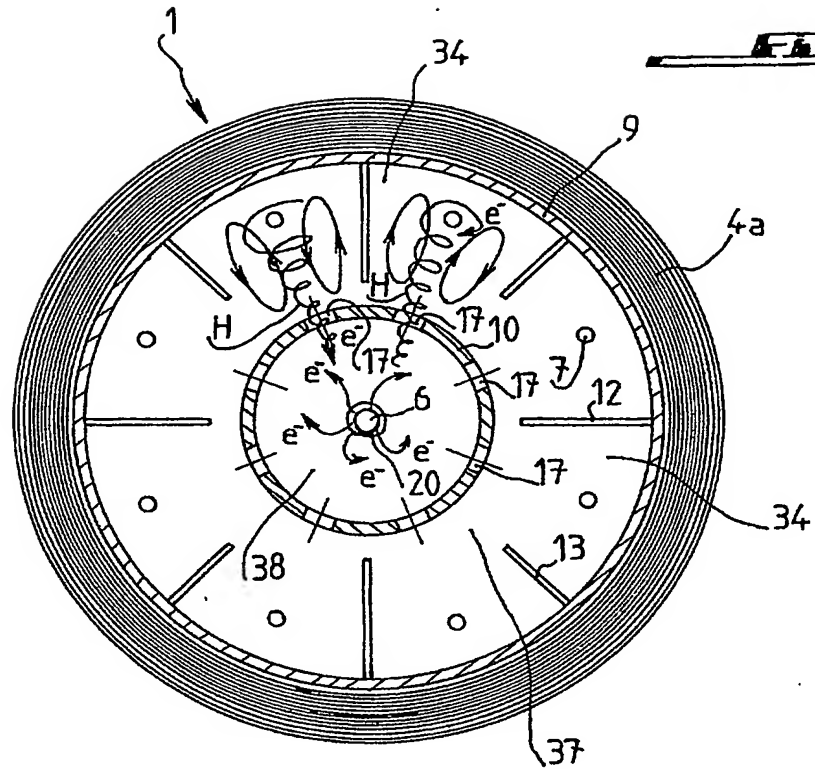


FIG. 6

FIG. 8

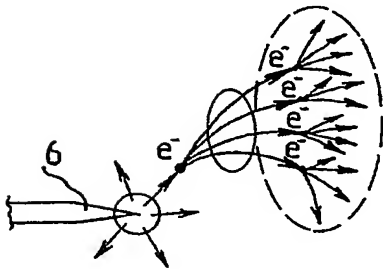


FIG. 7

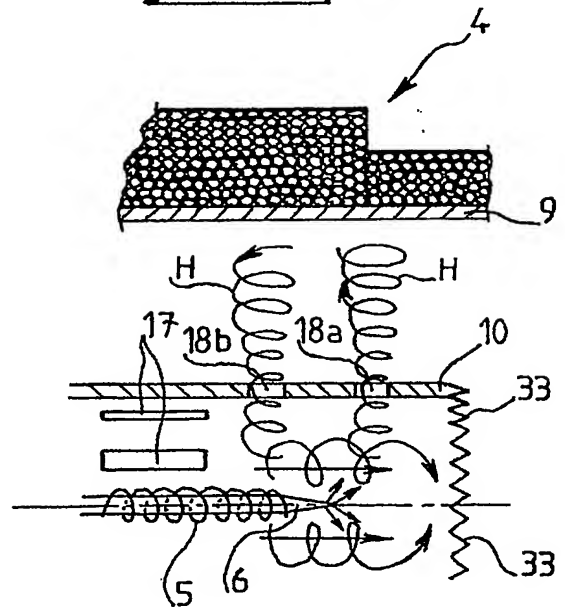
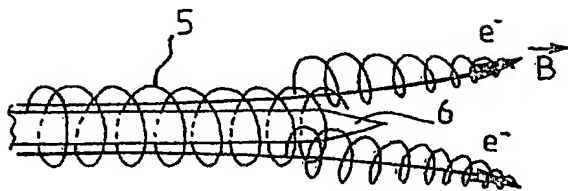
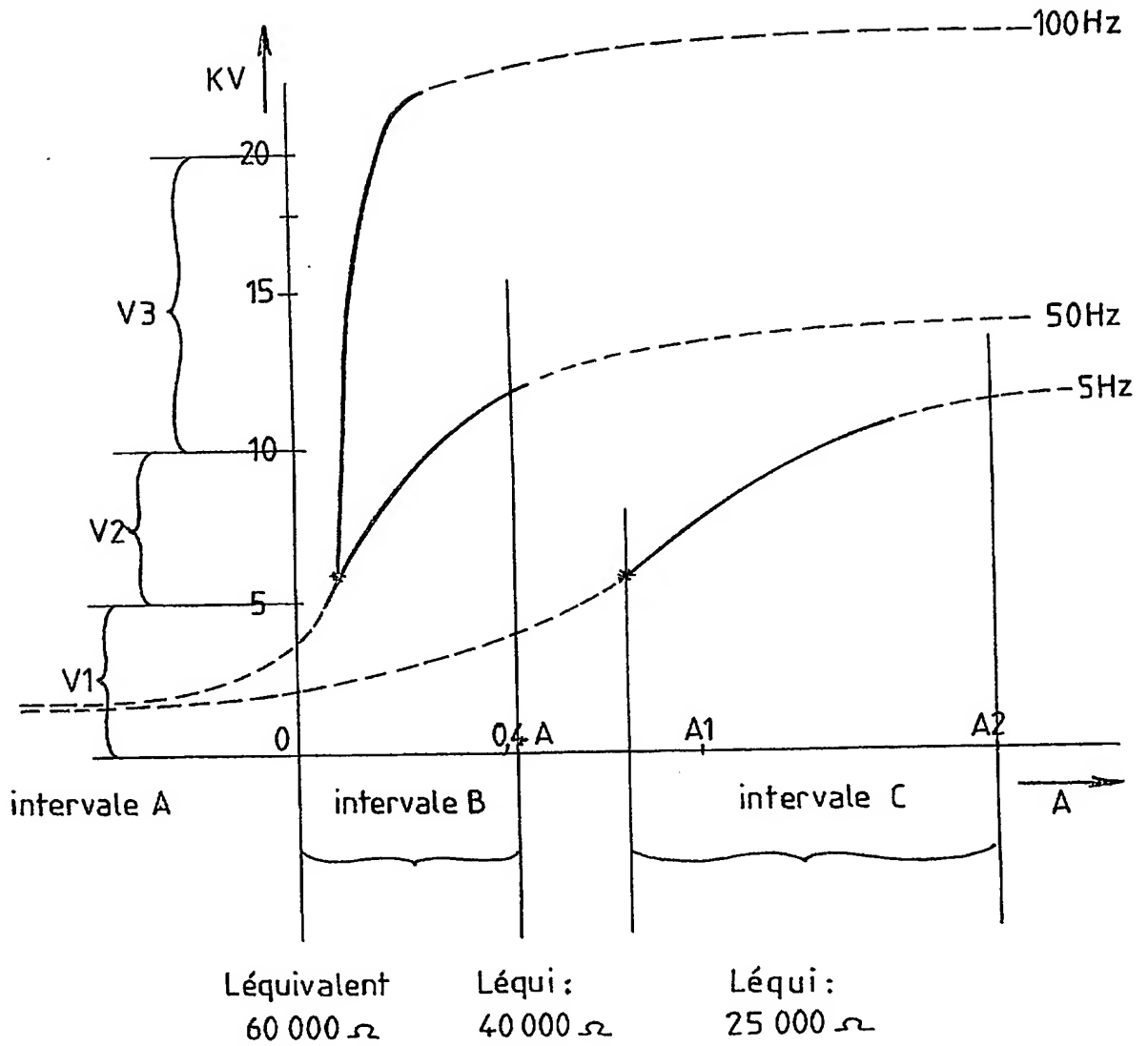


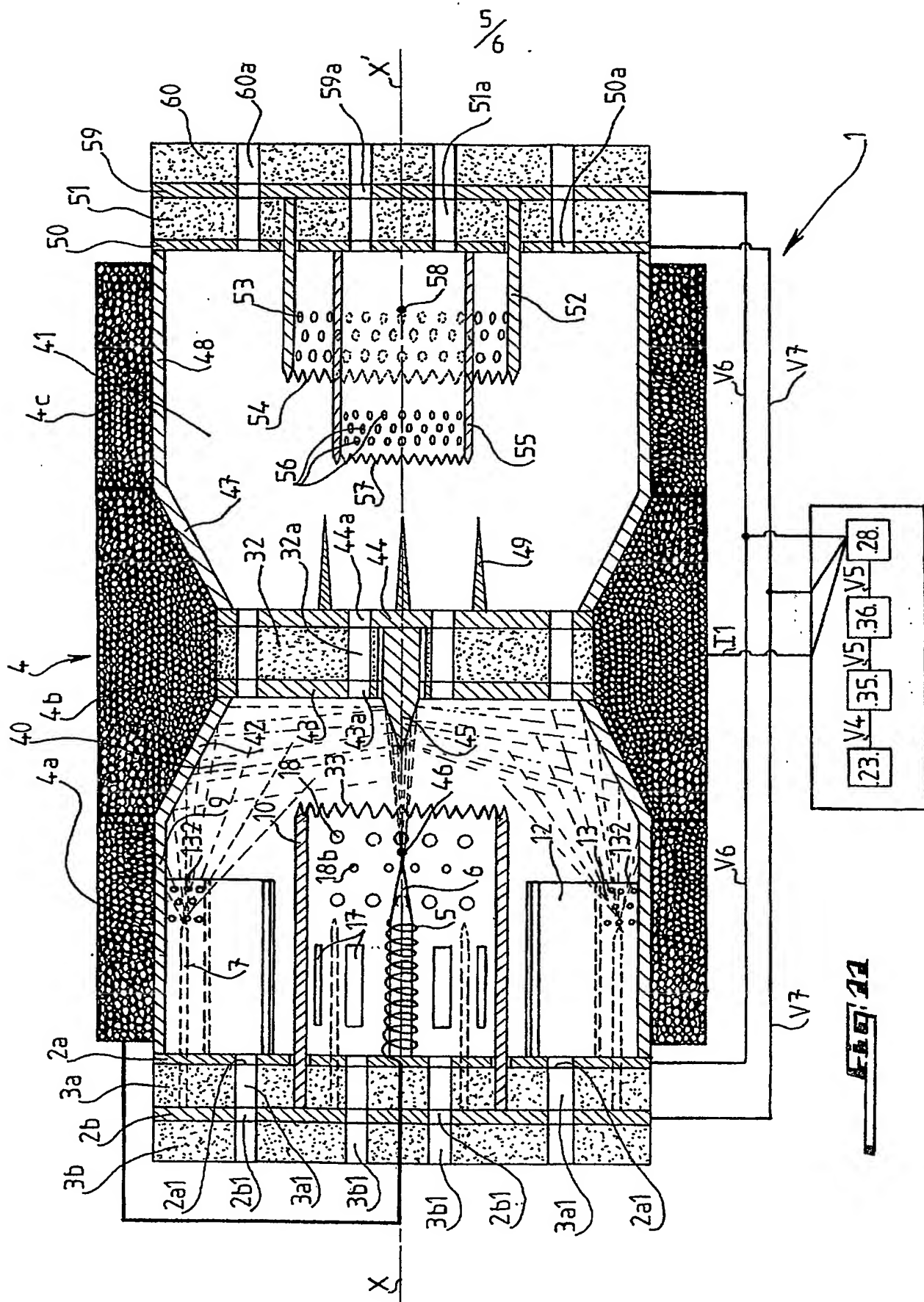
FIG. 9



4/6

4.4.1.1





6/6

Fig. 12

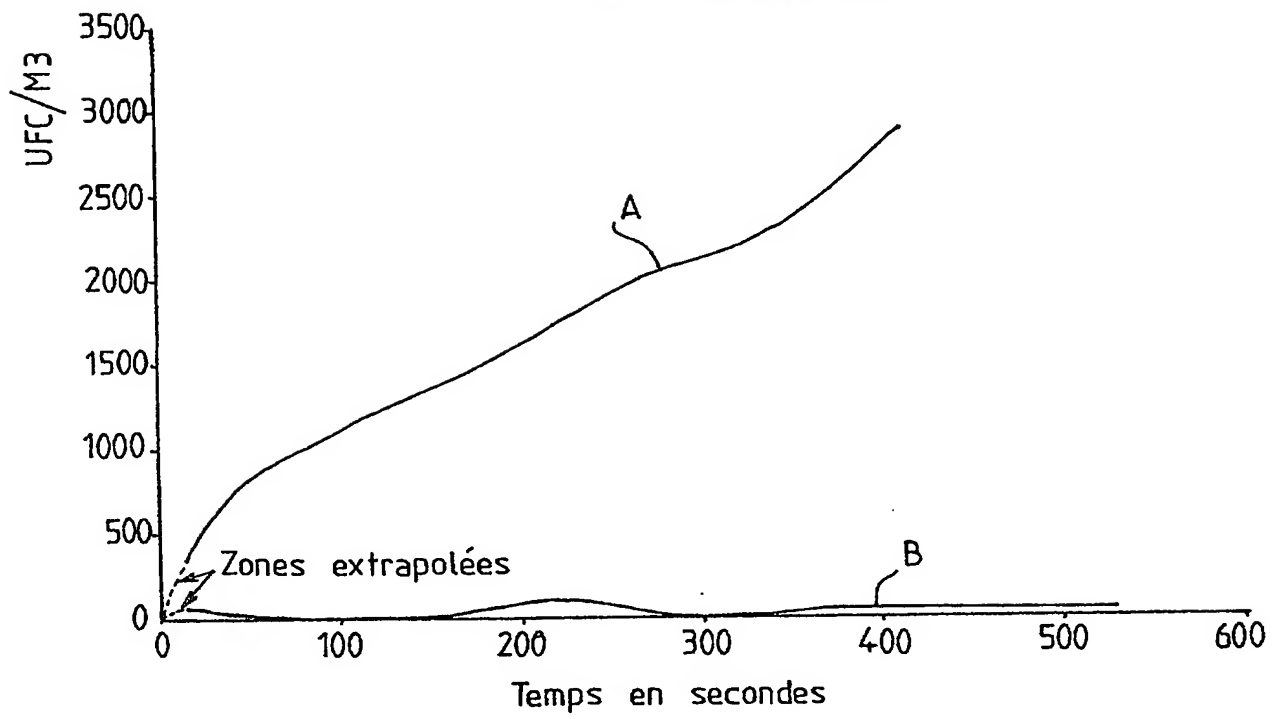
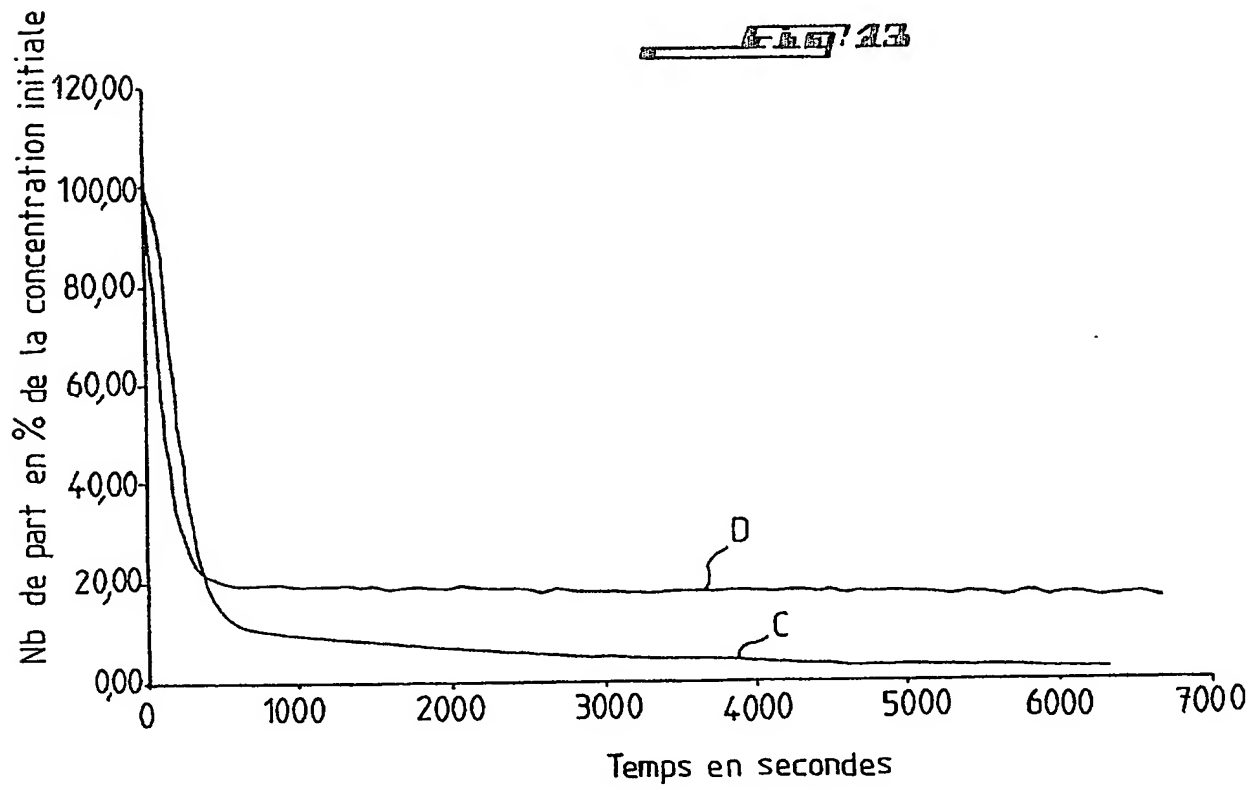


Fig. 13



DÉPARTEMENT DES BREVETS

26 bis, rue de Saint Pétersbourg
75800 Paris Cedex 08


Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 1..

(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

DB 113 W / 250899

Vos références pour ce dossier (facultatif)		51276	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		0208227	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) Procédé pour générer un plasma froid destiné à la stérilisation de milieu gazeux et dispositif pour mettre en oeuvre ce procédé.			
LE(S) DEMANDEUR(S) : RASAR HOLDING N.V.			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		DREAN	
Prénoms		Henri, Louis	
Adresse	Rue	116 Bd Exelmans	
	Code postal et ville	75016	PARIS
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) Paris le 25 Avril 2002 MICHEL THINAT N° 92-1038		 CABINET WEINSTEIN Conseils en Propriété Industrielle 56 A, rue du Faubourg Saint-Honoré 75008 PARIS	